

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA**



**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD ZULKIFLI**

**NIM. 14.21.908**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**



**SKRIPSI**  
**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN**  
**GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA**



**Disusun Oleh:**  
**MUHAMMAD ZULKIFLI**  
**NIM. 14.21.908**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2016**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)  
Institut Teknologi Nasional Malang*

*Disusun oleh:*

**MUHAMMAD ZULKIFLI**

**14.21.908**

*Disetujui Oleh:*

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**(Ir. Ester Priskarsari, MT)**

**(Mohammad Erfan, ST, MT)**

**Malang, September 2016**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**

**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)  
Institut Teknologi Nasional Malang*

*Disusun oleh:*

**MUHAMMAD ZULKIFLI**

**14.21.908**

*Disahkan Oleh:*

**Ketua**

**Sekretaris**

**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

**(Ir. Munasih, MT)**

**Anggota Penguji:**

**Dosen Penguji I**

**Dosen Penguji II**

**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

**(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**



**LEMBAR PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM : 14.21.908

Jurusan : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA” adalah benar-benar tulisan saya dan bukan plagiasi. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2016

Yang membuat pernyataan

(MUHAMMAD ZULKIFLI)



## ABSTRAKSI

**“PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA”** Oleh : Muhammad Zulkifli, (NIM : 14.21.908), Dosen Pembimbing I : Ir. Ester Priskarsari, MT. Dosen Pembimbing II : Mohammad Erfan, ST, MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

Dalam Skripsi ini penyusun merencanakan Balok baja menggunakan balok baja komposit dan sambungan *End Plate* pada Pembangunan Gedung Christian Center Samarinda.

Dahulu sebelum ditemukan penghubung geser perencanaan balok komposit seringkali pelat lantai beton dengan gelagar baja dianalisa secara terpisah yang masing-masing bertindak independent dalam menahan beban. Namun dengan kemajuan teknik perencanaan dan teknologi tercipta suatu penghubung geser untuk menahan gaya geser yang terjadi. Penghubung geser tersebut mampu untuk menahan slip (gelincir) yang terjadi sehingga memberikan interaksi yang diperlukan bagi baja dan beton untuk bekerja sebagai suatu kesatuan dalam menahan beban. Sifat dari beton yang kuat menahan tekan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kekuatan dari balok baja khususnya pada daerah momen positif dimana beton mengalami tekan. Dari aksi komposit yang terjadi diharapkan akan mengurangi ukuran profil baja yang digunakan.

Penyusun dalam skripsi ini menggunakan program bantu ETABS untuk perhitungan statika lalu dilanjutkan perhitungan dimensi balok dan kolom serta perencanaan sambungan dan *base plate*.

Dari hasil analisa didapatkan dimensi balok induk WF 400x200x8x13 dan WF 450x200x9x14, dan untuk balok anak menggunakan WF 300x150x8x13 dan dimensi kolom WF 350x350x12x19, dengan desain sambungan pada hubungan balok-kolom flens menggunakan *End Plate* dengan tebal pelat 18 mm, dengan jumlah baut 8 Ø 24 mm. sedangkan desain sambungan pada hubungan balok-kolom web menggunakan *End Plate* dengan tebal pelat 10 mm, dengan jumlah baut 8 Ø 20 mm. Desain sambungan pada balok induk-balok anak dan balok anak-balok anak menggunakan Profil siku 80x80x8, dengan jumlah baut 4 Ø 22 mm. Sedangkan ukuran *base plate* (pelat landasan) yang diperlukan adalah 550x550x45 mm dengan menggunakan angkur 8 Ø 19 mm panjang 800 mm.

Kata Kunci : Struktur Baja, Komposit, ETABS.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan karunia, rahmat, dan hidayah-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam menyusun Skripsi ini yang berjudul **“Perencanaan Struktur Baja Pada Pembangunan Gedung Christian Center Samarinda”**.

Dalam penyelesaian penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan serta saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya menyampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi kepada:

1. Bapak **Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT** selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang,
2. Bapak **Ir. A. Agus Santosa, MT** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang,
3. Ibu **Ir. Ester Priskarsari, MT**. sebagai dosen pembimbing I yang telah banyak membantu dalam penyusunan Skripsi ini.
4. Bapak **Mohammad Erfan, ST, MT**. sebagai dosen pembimbing II yang telah banyak membantu dalam penyusunan Skripsi ini.
5. **Bapak dan Ibu Dosen** Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuannya yang menunjang dalam penyusunan dan selesainya Skripsi ini.
6. Rekan-rekan **Mahasiswa Teknik Sipil** Institut Teknologi Nasional Malang atas bantuan dan kerja sama Skripsi ini.

Akhir kata saya mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan pada penulisan laporan berikutnya. semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca pada umumnya.

Samarinda,    September 2016

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAKSI .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Maksud dan Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II. DASAR TEORI</b>	
2.1. Material Baja	
2.1.1. Sifat Mekanisme Baja .....	5
2.2. Metode Desain Load and Resistance Faktor Design	
2.2.1. Faktor Beban dan Kombinasi Beban.....	6
2.2.2. Faktor Reduksi .....	7
2.3. Batang Tekan .....	8
2.4. Batang Lentur .....	12
2.5. Aksial-Momen .....	16
2.5.1. Pembesaran Momen Struktur Tak Bergoyang .....	18



2.5.2. Pembesaran Momen Struktur Bergoyang .....	19
2.6. Sambungan	
2.6.1. Sambungan Baut .....	20
2.6.2. Sambungan Las .....	24
2.6.2. Sambungan Balok-Kolom .....	30
2.6.2. Sambungan Balok Induk – Balok Anak .....	32
2.7. Pelat Landasan (Base Plate) .....	32
2.7.1. Kategori Sendi.....	33
2.7.2. Kategori Jepit .....	34
2.8. Balok Komposit .....	39
2.8.1. Lebar Efektif Balok Komposit .....	41
2.8.2. Penghubung Geser ( <i>Shear Connector</i> ) .....	42
2.9. Analisa Pembebanan .....	43
2.10. Defleksi Lateral .....	48
2.10.1. Batasan Simpang Antar Lantai .....	48

### **BAB III. DATA PERENCANAAN**

3.1. Data-Data Perencanaan	
3.1.1. Data Bangunan .....	51
3.1.2. Data Material .....	51
3.2. Pendimensian Struktur (Preliminary Desain)	
3.2.1. Balok .....	52
3.2.2. Kolom .....	53
3.3. Pem bebanan .....	53



## **BAB IV. PEMBAHASAN**

4.1. Perhitungan Pembebanan .....	55
4.2. Perhitungan Berat Massa Per Lantai .....	55
4.3. Perhitungan Desain Gempa.....	66
4.4. Perhitungan Beban Angin .....	72
4.5. Kontrol Drift .....	76
4.6. Perhitungan Penampang Balok Komposit	
4.6.1. Perhitungan Balok Induk WF 400x200x8x13 .....	79
4.6.2. Perhitungan Balok Induk WF 450x200x9x14 .....	113
4.6.5. Perhitungan Balok Anak WF 350x175x7x11 .....	137
4.7. Perhitungan Penampang Kolom .....	157
4.8. Perhitungan Desain Sambungan	
4.8.1. Perhitungan Sambungan End Plate Balok-Kolom pada Flens .....	166
4.8.2. Perhitungan Sambungan End Plate Balok-Kolom pada Web .....	186
4.8.3. Perhitungan Sambungan Balok Induk-Balok Anak...	196
4.8.4. Perhitungan Sambungan Balok Anak-Balok Anak ...	202
4.9. Perhitungan Base Plate (Pelat Landasan) .....	208



## **BAB V. PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	217
5.2. Saran .....	218

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jenis Baja .....	5
Tabel 2.2. Jarak tepi minimum .....	21
Tabel 2.3. Ukuran minimum las sudut .....	28
Tabel 2.4. Tipe elektroda las .....	29
Tabel 2.5. Faktor Keutamaan Gempa.....	44
Tabel 2.6. Klasifikasi situs .....	45
Tabel 2.7. Koefisien situs $F_a$ .....	45
Tabel 2.8. Kategori Lokasi $F_v$ untuk menentukan Nilai $S_1$ .....	46
Tabel 2.9. Kategori Desain Gempa ( KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda pendek .....	47
Tabel 2.10. Kategori Desain Gempa ( KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Perioda 1.0 detik .....	47
Tabel 2.11. Faktor $R$ , $C_d$ , dan $\gamma$ untuk sistem penahan gaya gempa .....	47
Tabel 2.12. Simpangan antar lantai ijin $\Delta_a^{a,b}$ .....	49
Tabel 4.1. Berat balok lantai 5 .....	56
Tabel 4.2. Berat kolom lantai 5 .....	57
Tabel 4.3. Berat dinding lantai 5 .....	57
Tabel 4.4. Berat total lantai 5 .....	57
Tabel 4.5. Berat balok lantai 4 .....	59
Tabel 4.6. Berat kolom lantai 4 .....	59
Tabel 4.7. Berat dinding lantai 4 .....	60
Tabel 4.8. Berat total lantai 4 .....	60
Tabel 4.9. Berat balok lantai 3 .....	62
Tabel 4.10. Berat kolom lantai 3 .....	62
Tabel 4.11. Berat dinding lantai 3 .....	62
Tabel 4.12. Berat total lantai 3 .....	63
Tabel 4.13. Berat balok lantai 2 .....	64
Tabel 4.14. Berat kolom lantai 2 .....	65
Tabel 4.15. Berat dinding lantai 2 .....	65

Tabel 4.16. Berat total lantai 2 .....	65
Tabel 4.17. Berat total tiap lantai .....	66
Tabel 4.18. Kategori resiko bangunan gedung & non gedung.....	67
Tabel 4.19. Faktor keutamaan gempa.....	68
Tabel 4.20. Klasifikasi situs.....	68
Tabel 4.21. Klasifikasi situs Fa.....	69
Tabel 4.22. Klasifikasi situs Fv.....	69
Tabel 4.23. KDS berdasarkan parameter percepatan periode pendek .....	70
Tabel 4.24. KDS berdasarkan parameter percepatan periode 1 detik.....	71
Tabel 4.25. Gaya lateral gempa tiap lantai.....	72
Tabel 4.26. Simpang horizontal struktur.....	76
Tabel 4.27. Kontrol simpang antar lantai.....	78
Tabel 4.28. Menentukan letak garis netral WF 400x200x8x13.....	110
Tabel 4.29. Momen inersia penampang WF 400x200x8x13.....	111
Tabel 4.30. Menentukan letak garis netral WF 450x200x9x14.....	133
Tabel 4.31. Momen inersia penampang WF 450x200x9x14.....	134
Tabel 4.32. Menentukan letak garis netral WF 350x150x7x11.....	154
Tabel 4.33. Momen inersia penampang WF 350x150x7x11.....	155



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Aligement chart untuk panjang efektif .....	12
Gambar 2.2. Tipe-tipe sambungan las .....	25
Gambar 2.3. Las Tumpul.....	26
Gambar 2.4. Las Sudut .....	27
Gambar 2.5. Las baji dan pasak .....	28
Gambar 2.6. Sambungan Balok – kolom .....	30
Gambar 2.7. Sambungan Balok Induk – Balok Anak.....	32
Gambar 2.8. Beban yang bekerja pada <i>base plate</i> .....	34
Gambar 2.9. <i>Base plate</i> dengan eksentrisitas beban .....	34
Gambar 2.10. Penampang Plat landasan ( <i>Base Plate</i> ) dan notasi .....	36
Gambar 2.11. Kuat lentur nominal berdasarkan distribusi tegangan plastis	39
Gambar 2.12. Lebar efektif balok komposit.....	41
Gambar 2.13. Penentuan simpang antar lantai .....	48
Gambar 4.1. Spektral percepatan gempa wilayah Samarinda .....	66
Gambar 4.2. Panjang bentang & jarak $b_0$ (1117).....	79
Gambar 4.3. Pelat beton di transformasi ke penampang baja.....	80
Gambar 4.4. Jarak pengaku WF 400x200x8x13.....	82
Gambar 4.5. Diagram tegangan plastis daerah momen negatif (1117).....	87
Gambar 4.6. Diagram tegangan plastis daerah momen positif (1117).....	91
Gambar 4.7. Letak stud pada profil WF 400x200x8x13.....	96
Gambar 4.8. Bidang momen (1117) akibat kombinasi beban 2.....	97
Gambar 4.9. Bidang geser (1117) akibat kombinasi beban 2.....	97
Gambar 4.10. Beban merata (1117) akibat beban terfaktor.....	98
Gambar 4.11. Bidang momen (1117) .....	98
Gambar 4.12. Bidang momen (1117) untuk mencari gaya A1.....	100
Gambar 4.13. Bidang momen (1117) untuk mencari gaya A2.....	102
Gambar 4.14. Bidang momen (1117) untuk mencari gaya A3.....	104
Gambar 4.15. Bidang momen (1117) untuk mencari gaya A4.....	106
Gambar 4.16. Pembebanan akibat momen (1117).....	108
Gambar 4.17. Garis netral untuk mencari inersia komposit.....	110

Gambar 4.18. Panjang bentang & jarak $b_0$ (980).....	113
Gambar 4.19. Pelat beton di transformasi ke penampang baja.....	114
Gambar 4.20. Diagram tegangan plastis daerah momen negatif (980).....	121
Gambar 4.21. Letak stud pada profil WF 450x200x9x14.....	128
Gambar 4.22. Bidang momen (980) akibat kombinasi beban 2.....	129
Gambar 4.23. Bidang geser (980) akibat kombinasi beban 2.....	129
Gambar 4.24. Beban merata (980) akibat beban terfaktor.....	129
Gambar 4.25. Bidang momen (980) untuk mencari gaya $A_1$ .....	130
Gambar 4.26. Pembebanan akibat momen (980).....	108
Gambar 4.27. Garis netral untuk mencari inersia komposit.....	110
Gambar 4.28. Panjang bentang & jarak $b_0$ (1151).....	137
Gambar 4.29. Pelat beton di transformasi ke penampang baja.....	138
Gambar 4.30. Jarak pengaku WF 350x150x7x11.....	140
Gambar 4.31. Diagram tegangan plastis daerah momen positif (1151).....	141
Gambar 4.32. Letak stud pada profil WF 350x150x7x11.....	147
Gambar 4.33. Bidang momen (1151) akibat kombinasi beban 2.....	148
Gambar 4.34. Bidang geser (1151) akibat kombinasi beban 2.....	148
Gambar 4.35. Beban merata (1151) akibat beban terfaktor.....	149
Gambar 4.36. Bidang momen (1151).....	149
Gambar 4.37. Bidang momen (1151) untuk mencari gaya $A_1$ .....	149
Gambar 4.38. Bidang momen (1151) untuk mencari gaya $A_2$ .....	151
Gambar 4.39. Pembebanan akibat momen (1151).....	108
Gambar 4.40. Garis netral untuk mencari inersia komposit.....	110
Gambar 4.41. Alignment chart untuk menghitung nilai $K$ arah $x$ dan $y$ .....	159
Gambar 4.42. Tata letak baut pada <i>end plate</i> (flens) WF 400x200x8x13...	170
Gambar 4.43. Gambar sambungan <i>end plate</i> (flens).....	172
Gambar 4.44. Tata letak baut pada <i>end plate</i> (flens) WF 450x200x9x14...	180
Gambar 4.45. Gambar sambungan <i>end plate</i> (flens).....	182
Gambar 4.46. Tata letak baut pada <i>end plate</i> (flens) WF 400x200x8x13...	190
Gambar 4.47. Gambar sambungan <i>end plate</i> .....	192
Gambar 4.48. Tata letak baut sambungan balok induk-balok anak.....	201



Gambar 4.49. Tata letak baut sambungan balok anak-balok anak.....	207
Gambar 4.50. Penampang pelat landasan dan notasi.....	209
Gambar 4.51. Beban yang bekerja pada pelan landasan .....	210
Gambar 4.52. Regangan dan tegangan yang bekerja pada pelat landasan...	212

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Semakin pesatnya pembangunan struktur yang menggunakan material baja membuat para perencana khususnya dalam bidang konstruksi baja berlomba-lomba memberikan inovasi, baik itu dalam modifikasi bentuk profil baja maupun menghasilkan teori atau metode baru yang bertujuan untuk menghasilkan bangunan yang lebih ekonomis tetapi tidak meninggalkan faktor keamanan dari struktur tersebut. Salah satunya ialah penggunaan Balok Komposit.

Dahulu sebelum ditemukan penghubung geser perencanaan balok komposit seringkali pelat lantai beton dengan gelagar baja dianalisa secara terpisah yang masing-masing bertindak independen dalam menahan beban. Namun dengan kemajuan teknik perencanaan dan teknologi tercipta suatu penghubung geser untuk menahan gaya geser yang terjadi. Penghubung geser tersebut mampu untuk menahan slip (gelincir) yang terjadi sehingga memberikan interaksi yang diperlukan bagi baja dan beton untuk bekerja sebagai suatu kesatuan dalam menahan beban. Sifat dari beton yang kuat menahan tekan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kekuatan dari balok baja khususnya pada daerah momen positif dimana beton mengalami tekan. Dari aksi komposit yang terjadi diharapkan akan mengurangi ukuran profil baja yang digunakan.



Metode analisa struktur baja yang akhir-akhir ini umum digunakan Selain metode ASD ialah metode LRFD (Load and Resistance factor design) yang biasanya disebut juga perencanaan keadaan batas (*Limit state design*). Keadaan batas adalah istilah umum yang berarti suatu keadaan pada struktur bangunan dimana bangunan tersebut tidak bisa memenuhi fungsi yang telah direncanakan Dalam perencanaan keadaan batas, kekuatan yang berhubungan dengan keamanan dicegah dengan mengalikan suatu faktor pada pembebanan

Struktur Gedung Cristian Center yang semula di rencanakan menggunakan material beton bertulang, dalam skripsi ini akan direncanakan menggunakan material baja dengan metode LRFD, sebagai alternatif perencanaan selain penggunaan material Beton bertulang.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada Skripsi ini adalah :

1. Berapa dimensi profil baja WF yang dibutuhkan untuk balok komposit?
2. Berapa dimensi profil baja WF yang dibutuhkan untuk kolom tersebut?
3. Bagaimana Desain sambungan pada hubungan balok-kolom, balok induk-balok anak dan pelat landasan (*base plate*)?.
4. Bagaimana Gambar Detail Perencanaan?

## **1.3. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penyusunan Skripsi ini untuk menghitung Struktur Rangka Baja pada pembangunan gedung Christian Center Samarinda.

Tujuan dari penulisan Skripsi ini ini adalah :

1. Mengetahui dimensi profil baja WF yang dibutuhkan untuk balok komposit.
2. Mengetahui dimensi profil baja WF yang dibutuhkan untuk kolom tersebut.
3. Mengetahui Desain sambungan pada hubungan balok-kolom, balok induk-balok anak dan pelat landasan (*base plate*).
4. Mengetahui Gambar Detail Perencanaan?

#### **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada Skripsi ini adalah :

- a. Perhitungan desain baja menggunakan metode LRFD.
- b. Konstruksi atap dihitung sebagai beban.
- c. Pembangunan Struktur menggunakan profil baja WF (*Wide Flange*).
- d. Analisis menggunakan program bantu ETABS.
- e. Pedoman perencanaan menggunakan referensi antara lain:
  - Peraturan Pembebanan menggunakan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lainnya.
  - SNI 1729-2015 Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural.
  - SNI 1726 2012 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan struktur bangunan gedung dan non gedung.

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Material Baja

##### 2.1.1. Sifat Mekanis Baja

Berikut merupakan sifat – sifat mekanis baja struktural :

- Modulus Elastisitas, E = 200.000 MPa
- Modulus Geser, G = 80.000 MPa
- Angka Poisson ( $\mu$ ) = 0,30

*Catatan* : 1 Mpa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

Sedangkan berdasarkan tegangan leleh dan regangan putusnya, mutu material baja dibagi menjadi 5 kelas mutu sebagai berikut :

**Tabel 2.1** Jenis Baja

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum $f_u$ (MPa)	Tegangan Leleh Minimum $f_y$ (MPa)	Regangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

*Sumber* : SNI 03-1729-2002



## 2.2. Metode Desain Load and Resistance Faktor Design (LRFD)

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk *Load and Resistance Factor design* (LRFD) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila kekuatan desain setiap komponen struktural sama atau melebihi kekuatan perlu yang ditentukan berdasarkan kombinasi beban LRFD.

Desain harus dilakukan sesuai dengan persamaan:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad (2.2-1)$$

(SNI-1729-2015, hal. 12)

Dimana:

$R_u$  = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban.

= Faktor Ketahanan

$R_n$  = Kekuatan Nominal

$\phi R_n$  = Kekuatan desain

### 2.2.1 Faktor Beban Dan Kombinasi Beban

Menurut SNI 1729:2002, maka struktur baja harus dirancang mampu memikul semua kombinasi pembebanan berikut:

**a.  $1.4 D$  (2.2-2a)**

**b.  $1.2 D + 1.6 L + 0.5 (L_a \text{ atau } H)$  (2.2-2b)**

**c.  $1.2 D + 1.6 (L_a \text{ atau } H) + (L \text{ atau } 0.8 W)$  (2.2-2c)**

**d.  $1.2 D + 1.3 W + L + 0.5 (L_a \text{ atau } H)$  (2.2-2d)**

**e.  $1.2 D \pm 1.0 E + L$  (2.2-2e)**

**f.  $0.9 D \pm (1.3 W + 1.0 E)$  (2.2-2f)**

Di mana:

D = Beban Mati

L = Beban hidup yang ditimbulkan akibat penggunaan gedung

La = Beban hidup atap yang ditimbulkan selama perawatan

W = Beban angin

H = Beban hujan

E = Beban gempa

### 2.2.2 Faktor Reduksi

Faktor reduksi dalam perencanaan struktur berdasarkan metode Desain Faktor Beban dan Ketahanan (LRFD), ditentukan dalam SNI 1729:2002, Sebagai berikut:

- a. Komponen struktur memikul lentur = 0.75
- b. Komponen Struktur yang memikul gaya tekan aksial = 0.90
- c. Komponen struktur yang memikul gaya tarik
  - 1. Terhadap kuat tarik leleh = 0.90
  - 2. Terhadap kuat tarik fraktur = 0.75
- d. Komponen struktur memikul gaya aksial dan lentur = 0.90
- e. Komponen struktur komposit
  - 1. Kuat tekan = 0.75
  - 2. Kuat tumpu beton = 0.60
  - 3. Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastik = 0.85
  - 4. Kuat lentur dengan distribusi tegangan elastik = 0.90
- f. Sambungan baut = 0.75
- g. Sambungan las

- |  |        |
|--|--------|
| 2 Las tumpul penetrasi penuh                   | = 0.75 |
| 3 Las sudut, las tumpul penetrasi, las pengisi | = 0.60 |

### 2.3. Batang Tekan

Batang-batang tekan yang banyak dijumpai yaitu kolom dan batang-batang tekan dalam struktur batang. komponen struktur tekan dapat terdiri dari profil tunggal atau profil tersusun yang digabungkan menggunakan pelat kopel.

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan, akibat beban terfaktor  $P_u$ , harus memenuhi:

$$P_u \leq \phi_c \cdot P_n \quad (2.3-1)$$

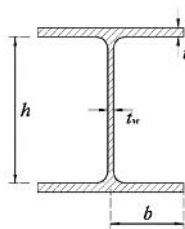
Dengan:

$$\phi_c = 0.90$$

$P_u$  = Beban terfaktor

$P_n$  = Kuat tekan nominal komponen Struktur,  $A_g \cdot f_{cr}$

Parameter batas tidak langsing kolom, dituliskan sebagai berikut:



Pada bagian sayap:

$$\frac{b}{t} < \lambda = 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.3-2)$$

Pada bagian badan:

$$\frac{h}{t_w} < \lambda = 1.49 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.3-3)$$



(SNI,1729-2015, hal. 17)

Dimana:

= parameter batas tidak langsing pada Kolom

$F_y$  = Tegangan leleh material, MPa

$E$  = Modulus Elastisitas

Parameter kelangsingan kolom, dituliskan sebagai berikut:

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.3-2)$$

Dimana:

$\lambda_c$  = parameter kelangsingan Kolom

= parameter kelangsingan

$f_y$  = Tegangan leleh material, MPa

$E$  = Modulus Elastisitas

Daya dukung nominal  $P_n$ , struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$P_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\alpha} \quad (2.3-3)$$

Dimana:

$A_g$  = Luas penampang bruto komponen struktur, mm<sup>2</sup>

$f_{cr}$  = Tegangan kritis penampang, Mpa

= Koefisien tekuk

$f_y$  = Tegangan leleh material, MPa

$P_n$  = Kuat tekan nominal komponen Struktur,

Dengan besar  $\lambda_c$  di tentukan oleh  $\lambda_c$ , yaitu:

Untuk  $\lambda_c < 0,25$  maka  $\omega = 1$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka  $\omega = \frac{1,43}{1,6-0,67 \lambda_c}$

Untuk  $\lambda_c > 1,2$  maka  $\omega = 1,25 \lambda_c^{-2}$

Komponen struktur tekan dapat tersusun dari dua atau lebih profil, yang disatukan dengan menggunakan pelat kopel. Analisa kekuatannya harus harus dihitung terhadap sumbu bahan. Sumbu bahan adalah sumbu yang memotong semua elemen komponen struktur tersebut, sedangkan sumbu bebas bahan adalah sumbu yang sama sekali tidak, atau hanya memotong sebagian dari elemen komponen tersebut. Analisa dilakukan sebagai berikut:

Kelangsingan pada arah sumbu bahan (sumbu x) dihitung dengan:

$$\lambda_x = \frac{k.L_x}{r_x} \quad (2.3-4)$$

Dan

$$\lambda_y = \frac{k.L_y}{r_y} \quad (2.3-6)$$

Dengan:

$L_x, L_y$  = panjang komponen struktur tekan arah x dan arah y

$k$  = faktor panjang tekuk

$r_x, r_y, r_{min}$  = jari-jari girasi komponen struktur

$m$  = konstanta yang besarnya ditentukan dalam peraturan

$L_1$  = jarak antara pelat kopel pada arah komponen struktur tekan

Nilai  $k$  untuk masing-masing system portal tersebut dapat dicari dari gambar nomogram untuk komponen struktur bergoyang dan tidak bergoyang dimana nilai  $k$  merupakan fungsi dari  $G_A$  dan  $G_B$  yang merupakan kekakuan struktur yang dominan terhadap tekan (kolom). Nilai  $G$  ditetapkan dengan persamaan:

$$G = \frac{\sum(EI/L)_{kolom}}{\sum(EI/L)_{balok}} \quad (2.3-7)$$

dimana:

$E$  = Elastisitas Baja

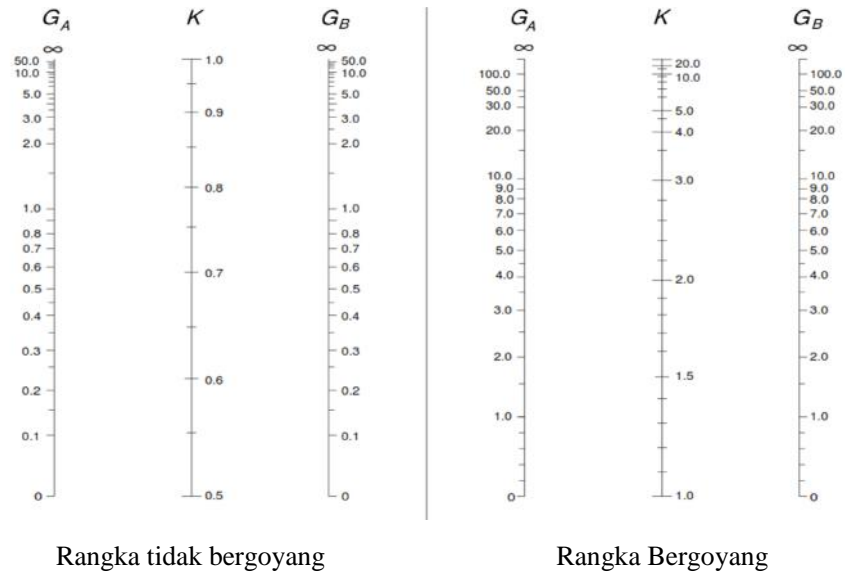
$I$  = Inersia Baja

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 193)

Persamaan diatas dapat dikecualikan untuk kondisi-kondisi berikut:

- a. Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya tidak terhubung secara kaku dengan pondasi (contohnya tumpuan sendi), nilai  $G$  tidak boleh diambil kurang dari 10, kecuali bila dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai  $G$  tersebut.
- b. Untuk komponen struktur tekan yang dasarnya terhubung secara kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai  $G$  tidak boleh kurang dari 1, kecuali dilakukan analisa secara khusus untuk mendapatkan nilai  $G$  tersebut.

Untuk menentukan faktor panjang efektif dapat digunakan *Alignment chart* di bawah ini:



**Gambar 2.1 Alignment chart untuk panjang efektif**

## 2.4. Batang Lentur

Komponen struktur lentur memikul beban-beban gravitasi, seperti beban mati, beban hidup dan beban gempa. Komponen struktur ini merupakan kombinasi dari elemen tarik dan elemen tekan, sehingga konsep dari komponen struktur tarik dan tekan dikombinasikan. Komponen ini diasumsikan sebagai komponen tak tertekuk karena bagian elemen mengalami tekan, sepenuhnya terkekang baik dalam arah sumbu kuat, maupun sumbu lemahnya.

Persyaratan keamanan untuk balok pada *Load and Resistance Factor Design* (LRFD), dinyatakan sebagai berikut:

$$\phi \cdot M_n > M_u \quad (2.4-1)$$



Dimana:

= Faktor reduksi untuk lentur = 0,90

$M_n$  = Kuat momen nominal

$M_u$  = Faktor beban layan terfaktor

Untuk menentukan  $M_n$  dapat dihitung dengan persamaan:

### **Momen Plastis**

$$M_n = M_p = F_y \cdot Z_x \quad (2.4-2)$$

Dalam perhitungan tahanan momen nominal dibedakan antara penampang kompak, dan tidak kompak, dan langsing seperti halnya pada batang tekan.

Batasan kompak, tidak kompak, dan langsing pada badan (*web*) adalah:

1. Penampang kompak :  $\lambda < \lambda_p$

$$\text{Dengan batasan } \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

2. Penampang tidak kompak :  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$\text{Dengan batasan } \lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

3. Penampang langsing :  $\lambda > \lambda_r$

Sedangkan Batasan kompak, tidak kompak, dan langsing pada sayap (*flens*) adalah:

1. Penampang kompak :  $\lambda < \lambda_p$

$$\text{Dengan batasan } \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

2. Penampang tidak kompak :  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$\text{Dengan batasan } \lambda_r = 1.4 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

3. Penampang langsing :  $\lambda > \lambda_r$

(Struktur Baja, AISC 2010, hal. 262)

(SNI,1729-2015, hal. 20)

### **Penampang Kompak**

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang kompak:

$$M_n = M_p = Z \cdot f_y \quad (2.4-3)$$

Dimana:

$M_n$  = Tahanan momen nominal

$M_p$  = Momen tahanan plastis

$Z$  = Modulus plastis

$f_y$  = Kuat leleh

### **Penampang Tidak Kompak**

Tahanan momen nominal untuk balok terkekang lateral dengan penampang tidak kompak:

$$M_n = M_r = (f_y - f_r) \cdot S \quad (2.4-4)$$

Dimana:

$f_y$  = Kuat leleh

$f_r$  = tegangan Sisa (residu)

$S$  = Modulus penampang

$M_r$  = Kekuatan lentur perlu

Besarnya tegangan sisa  $f_r = 70$  MPa untuk penampang dilas panas dan 115 MPa untuk penampang yang dilas. Bagi penampang yang tidak kompak yang mempunyai  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$  maka besar tahanan momen nominal dicari dengan interpolasi linear, sehingga diperoleh:

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r \quad (2.4-5)$$

Dimana :

$$= \text{Kelangsingan penampang balok} \left( = \frac{b}{2t_f} \right)$$

$M_n$  = Tahanan momen nominal

$M_p$  = Momen tahanan plastis

$M_r$  = Kekuatan lentur perlu

### **Tekuk Torsi Lateral**

Tekuk torsi lateral adalah kondisi batas yang menentukan kekuatan sebuah balok. Sebuah balok mampu memikul momen maksimum hingga mencapai momen plastis, keruntuhan dari sebuah struktur balok adalah sebagai berikut:

1. Tekuk lokal pada flens tekan
2. Tekuk lokal dari web dalam tekan lentur
3. Tekuk torsi lateral

Berikut perilaku balok terhadap tekuk Torsi lateral

- a. Bila  $L < L_p$ , Keadaan batas dari tekuk torsi lateral tidak boleh digunakan.

Dengan: 
$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (2.4-6)$$

b. Bila  $L_p < L_b < L_r$

Dengan:

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7F_y}{E}\right)^2}} \quad (2.4-7)$$

Maka momen nominalnya adalah

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7f_y S_x) \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (2.4-8)$$

c.  $L_b > L_r$

Maka momen nominalnya adalah

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (2.4-9)$$

(SNI-1729-2015, hal. 51)

Dimana:

$L_b$  = Jarak antara breis/pengaku (mm)

$L_p$  = Panjang komponen struktur utama (m)

$L_r$  = Pembatas panjang tidak dibreis secara lateral untuk analisis plastis

$M_n$  = Tahanan momen nominal

$C_b$  = Faktor modifikasi tekuk torsi lateral untuk diagram momen tidak merata.

$M_p$  = Momen tahanan plastis

$S_x$  = Modulus penampang elastis pada sumbu x, mm<sup>3</sup>

$f_{cr}$  = Tegangan kritis penampang, Mpa

## 2.5. Aksial-Momen

Suatu komponen struktur biasanya harus memikul beban aksial (tarik atau tekan) serta momen lentur. Apabila besarnya gaya aksial yang bekerja



cukup kecil dibandingkan momen lentur yang bekerja, maka efek dari gaya aksial tersebut dapat diabaikan, dan komponen struktur tersebut dapat didesain sebagai komponen balok lentur. Sedangkan jika gaya aksial yang bekerja lebih dominan dari pada momen lentur, maka komponen struktur tersebut dapat di desain sebagai komponen tarik atau desain struktur tekan.

Pada suatu komponen struktur terkadang efek gaya aksial maupun momen lentur tidak dapat diabaikan salah satunya, kombinasi dari gaya aksial dan momen lentur harus dipertimbangkan dalam proses desain komponen struktur tersebut. Komponen struktur tersebut sering disebut sebagai elemen balok-kolom (beam-column).

Suatu struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Untuk  $\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} \geq 0.2$

$$\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \leq 1.0 \quad (2.5-1)$$

Untuk  $\frac{N_u}{\phi \cdot N_n} < 0.2$

$$\frac{N_u}{2\phi \cdot N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) < 1.0 \quad (2.5-2)$$

Dengan:

$N_u$  = Gaya tekan aksial terfaktor

$N_n$  = Tahan nominal tekan nominal dengan menganggap batang suatu sebagai suatu elemen tekan murni

= faktor reduksi tahanan tekan = 0.85

$M_{ux}$  = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x, dengan memperhitungkan efek orde kedua.

$M_{nx}$  = Tahanan momen nominal untuk lentur terhadap sumbu x

$\phi_b$  = faktor reduksi tahanan lentur = 0.90

$M_{uy}$  sama dengan  $M_{ux}$ , namun dihitung dengan acuan sumbu y

$M_{ny}$  sama dengan  $M_{nx}$ , namun dihitung dengan acuan sumbu y

### 2.5.1. Pembesaran Momen Struktur Tak Bergoyang

Untuk suatu komponen struktur tak bergoyang, maka besarnya momen lentur terfaktor harus dihitung sebagai berikut:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} \quad (2.5-3)$$

$M_{ntu}$ , adalah momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang tidak menimbulkan goyangan, sedangkan  $\phi_b$ , adalah faktor pembesaran momen untuk komponen struktur tak bergoyang, yang besarnya ditentukan sebagai berikut:

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \left( \frac{N_u}{N_{e1}} \right)} \geq 1.0 \quad (2.5-4)$$

Dengan :

$N_u$  = gaya tekan aksial terfaktor

$N_{e1}$  = gaya tekan menurut Euler dengan  $kL/r$  terhadap sumbu lentur dan  $k = 1.0$  (untuk komponen struktur tak bergoyang).

Dimana nilai  $C_m$  ditentukan sebagai berikut:

Untuk komponen struktur tak bergoyang tanpa beban transversal diantara kedua tumpuannya, namun mempunyai nilai ujung  $M_1$  dan  $M_2$  ( $M_1 < M_2$ ), maka  $C_m$  akan mengkonversikan momen lentur bervariasi secara linear dimana:

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \quad (2.5-5)$$

### 2.5.2. Pembesaran Momen Struktur Bergoyang

Untuk komponen struktur bergoyang, maka besarnya momen lentur terfaktor dihitung sebagai berikut:

$$M_u = \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \quad (2.5-5)$$

Dengan  $M_{ltu}$ , adalah momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang menimbulkan goyangan. Faktor pembesaran momen  $\delta_s$ , ditentukan sebagai berikut:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \sum N_u \left( \frac{\Delta_{oh}}{HL} \right)} \quad (2.5-6)$$

Atau

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{e2}}} \quad (2.5-6)$$

Dengan:

$N_u$  = gaya tekan aksial terfaktor akibat beban grafitasi untuk seluruh kolom pada suatu tingkat yang ditinjau.

$N_{e2}$  sama dengan  $N_{e1}$ , namun dengan menggunakan  $k$  untuk komponen struktur bergoyang,  $k = 1,0$

$\Delta_{oh}$  = simpangan antar lantai pada tingkat yang ditinjau

$H$  = Jumlah gaya horizontal yang menghasilkan  $\Delta_{oh}$  pada tingkat yang ditinjau

$L$  = tinggi tingkat

## 2.6. Sambungan

### 2.6.1. Sambungan Baut

Setiap struktur baja merupakan gabungan dari beberapa komponen batang yang disatukan dengan alat pengencang. Salah satu alat pengencang disamping las yang cukup populer adalah baut terutama baut mutu tinggi. Baut mutu tinggi menggeser penggunaan paku keeling, seperti jumlah tenaga kerja yang lebih sedikit, kemampuan menerima gaya yang lebih besar dan secara keseluruhan dapat menghemat biaya konstruksi. Selain baut mutu tinggi ada pula baut mutu normal A307 terbuat dari baja karbon rendah. Dua tipe dasar baut mutu tinggi yang di standarkan ASTM adalah tipe A325 dan A490.

Sambungan baut yang memikul beban terfaktor,  $R_u$ , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n \quad (2.6-1)$$

**Dimana:**

$\phi$  = Faktor reduksi

$R_n$  = Kuat nominal baut

$R_u$  = Beban terfaktor

#### **Perencanaan sambungan Baut**

Kontrol jarak antar baut:

- a. Jarak baut ke tepi (S1)

**Tabel 2.2.** Jarak tepi minimum

<b>Diameter Baut (mm)</b>	<b>Jarak Tepi Minimum</b>
16	22
20	26
22	28
24	30
27	34
30	38
36	46
Di atas 36	1.25d

(SNI-1729-2015, hal. 128)

b. Jarak antar baut (S2)

Jarak antara pusat–pusat standar, ukuran berlebih, atau lubang–lubang slot tidak boleh kurang dari 2 2/3 kali diameter nominal, d, dari pengencang, jarak 3d yang lebih umum.

*Sumber: SNI 1729:2015, halaman 127*

**Kuat nominal terhadap tarik dan geser:**

$$\phi \cdot R_n = f_n \cdot A_b \quad (2.6-2)$$

(SNI-1729-2015, hal. 129)

Di mana:

$R_n$  = Kuat tarik nominal

= Faktor reduksi tarik (0.75)

$f_n$  = Tegangan tarik nominal  $f_{nt}$ , atau tegangan geser,  $f_{nv}$  (MPa)

$A_b$  = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir  
(mm<sup>2</sup>)



**Kuat nominal tumpu pada lubang–lubang baut:**

$$\phi \cdot R_n = 1,2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \quad 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u \quad (2.6-3)$$

(SNI-1729-2015, hal. 132)

Di mana:

$R_n$  = Kuat tumpu nominal

$\phi$  = Faktor reduksi tumpu (0,75)

$f_u$  = Kuat tarik putus terendah dari baut atau plat (MPa)

$t_p$  = Tebal plat (mm)

$d$  = Diameter baut nominal (mm)

$l_c$  = Jarak bersih, dalam arah gaya, antara tepi lubang dan tepi lubang yang berdekatan atau tepi dari baut atau plat (mm)

**Menentukan Jumlah Baut:**

$$n = \frac{Ru}{\phi \cdot R_n} \quad (2.6-4)$$

Di mana:

$n$  = Jumlah baut

$R_n$  = Tahanan nominal baut

$Ru$  = Beban terfaktor

**Kombinasi gaya tarik dan geser sambungan Tipe tumpuan:**

$$\phi \cdot R_n = f \cdot n \cdot t \cdot A_b \quad (2.6-5)$$

(SNI-1729-2015, hal. 129)

Di mana:

$A_b$  = Luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir ( $\text{mm}^2$ )

$f'_{nt}$  = Tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek  
tegangan geser (MPa)  
= Faktor reduksi(0,75)

• **Kuat Blok Pelat/ Geser Blok Pelat**

$$R_n = 0,60F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (2.6-6)$$

(SNI-1729-2015, hal. 134)

dimana:

$F_u$  = Kuat Tarik minimum pelat sambungan

$F_y$  = Kuat leleh minimum pelat sambungan

$A_{nv}$  = Luas netto (dengan lubang) potongan yang mengalami gaya  
geser

$A_{gv}$  = Luas utuh (tanpa lubang) potongan yang mengalami gaya  
geser

$A_{nt}$  = Luas netto potongan (dengan lubang) yang mengalami gaya  
Tarik

$U_{bs}$  = Untuk tegangan Tarik merata ( $U_{bs} = 1.0$ )

Untuk tegangan Tarik tidak merata ( $U_{bs} = 0.5$ )

**Kontrol terhadap momen:**

$$\phi \cdot M'_n = \frac{0.9 \cdot f_y \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T \cdot d_i \quad (2.6-7a)$$

$$a \approx \frac{0.75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot A_b}{f_y \cdot b} \quad (2.6-7b)$$

$$\sum_{i=1}^n T \cdot d_i = 0.75 \cdot f_u^b \cdot n_1 \cdot A_b \cdot \sum d \quad (2.6-7c)$$

Di mana:

$n_1$  = Jumlah kolom baut

$n_2$  = Jumlah baris baut

$A_b$  = Luas penampang baut

$d$  = Penjumlahan  $d$

$b$  = Lebar balok

$a$  = Tinggi penampang tekan

$f_u^b$  = Kuat tarik nominal baut

$f_y$  = Tegangan leleh

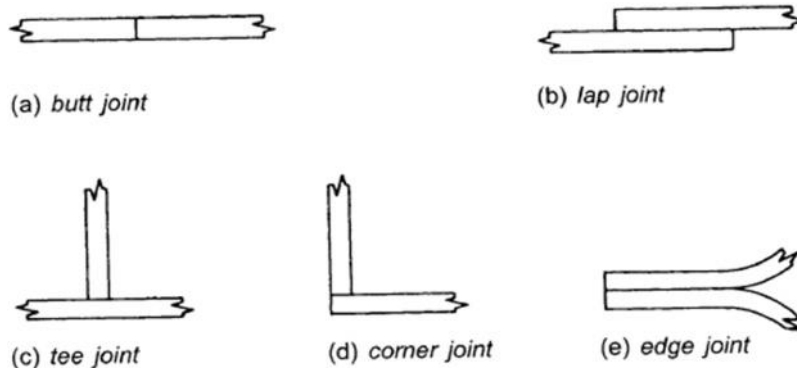
### 2.6.2. Sambungan Las

Pengelasan adalah suatu proses penyambungan bahan logam yang menghasilkan peleburan bahan dengan memanaskannya sehingga suhu yang tetap dengan atau tanpa pemberian tekanan. Meskipun pengetahuan tentang las sudah ada sejak ribuan tahun silam, namun pemakaian las dalam bidang konstruksi terbilang masih baru, hal ini disebabkan adanya pemikiran para ahli mengenai beberapa kerugian las yaitu las dapat mengurangi tahanan leleh bahan dibandingkan paku keeling dan mereka juga berpendapat bahwa tidak mungkin untuk memastikan kualitas las yang baik.

#### 1. Jenis-jenis sambungan las

Beberapa jenis sambungan yang sering ditemui dalam sambungan las adalah:

- a. **Sambungan sebidang (butt joint)**, sambungan ini umumnya biasanya dipakai untuk pelat-pelat datar dengan ketebalan sama atau hampir sama.
- b. **Sambungan lewatan (lap joint)**, jenis sambungan ini banyak dijumpai karena sambungan ini mudah disesuaikan keadaan di lapangan dan juga sambugannya relative mudah.
- c. **Sambungan Tegak (tee joint)**, sambungan ini banyak dipakai terutama untuk membuat penampang tersusun seperti bentuk I, pelat girder dan lain-lain.
- d. **Sambungan sudut (corner joint)**, dipakai untuk penampang tersusun berbentuk kotak.
- e. **Sambungan sisi (edge joint)**, sambungan ini bukan jenis struktural dan digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih pelat tidak bergeser.



**Gambar 2.2.** Tipe-tipe sambungan las

## 2. Jenis-Jenis Las

- a. **Las Tumpul (groove welds)**, las ini dipakai untuk menyambung batang-batang sebidang. Karena las ini harus menyalurkan

secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambungannya. Las tumpul dimana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan dinamakan las tumpul penetrasi penuh. Sedangkan bila tebal penetrasi lebih kecil dari pada tebal penuh sambungan, dinamakan las tumpul penetrasi sebagian.



**Gambar 2.3.** Las tumpul

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- bila sambungan dibebani dengan gaya Tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka:

$$\phi R_{nw} = 0.90 \cdot t_e \cdot f_y \quad \text{(bahan dasar)}$$

$$\phi R_{nw} = 0.90 \cdot t_e \cdot f_{yw} \quad \text{(las)}$$

- bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka:

$$\phi R_{nw} = 0.90 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_y) \quad \text{(bahan dasar)}$$

$$\phi R_{nw} = 0.80 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_{uw}) \quad \text{(las)}$$

Dengan  $f_y$  dan  $f_u$  adalah kuat leleh dan kuat tarik putus,

Dimana:

$t_e$  = Tebal efektif las

$R_{nw}$  = Tahanan nominal per satuan panjang las



= Faktor reduksi (0,75)

**b. Las sudut** (*fillet welds*), tipe las ini paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut. Tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengerjaannya.



**Gambar 2.4.** Las sudut

Kuat rencana per satuan panjang las sudut, ditentukan sebagai berikut:

$$\phi R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_y) \quad \text{(bahan dasar)}$$

$$\phi R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_{uw}) \quad \text{(las)}$$

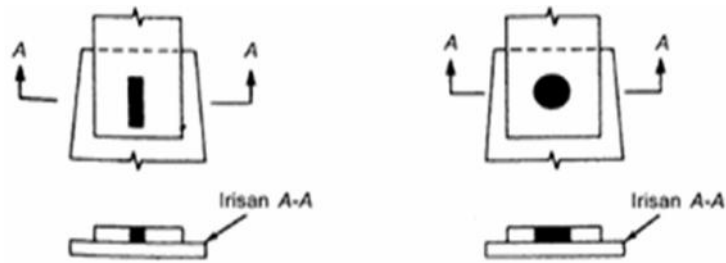
Dimana:

$t_e$  = Tebal efektif las

$R_{nw}$  = Tahanan nominal per satuan panjang las

= Faktor reduksi (0,75)

**c. Las baji dan pasak** (*slot and plug*), jenis las ini biasanya digunakan bersama-sama dengan las sudut. Manfaat utamanya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran panjang las terbatas oleh panjang yang tersedia untuk las sudut.



**Gambar 2.5.** Las baji dan pasak

Kuat rencana bagi las baji dan pasak ditentukan:

$$\phi R_{nw} = 0.75 \phi (0.6 \phi f_{uw}) \phi A_w \quad (2.6-8)$$

Dengan:

$A_w$  = luas geser efektif las

$f_{uw}$  = kuat tarik putus logam las

$R_{nw}$  = Tahanan nominal per satuan panjang las

= Faktor reduksi (0,75)

### 3. Pembatasan Ukuran Las Sudut

**Tabel 2.3.** Ukuran *minimum las sudut*

Tebal plat (t) (mm)	Ukuran min. Las sudut (a) (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 13$	5
$13 < t \leq 19$	6
$t > 19$	8

(SNI-1729-2015, hal. 116)

Ukuran maksimum dari las sudut dari bagian-bagian yang tersambung harus:

- Sepanjang tepi material dengan ketebalan kurang dari 6 mm, tidak lebih besar dari ketebalan material.

- b. Sepanjang tepi material dengan ketebalan 6 mm atau lebih, tidak lebih besar dari ketebalan material dikurangi 2 mm, kecuali las yang secara khusus diperlihatkan pada gambar pelaksanaan untuk memperoleh ketebalan throat penuh. Untuk kondisi las yang sudah jadi, jarak antara tepi logam dasar dan ujung kaki las boleh kurang dari 2 mm bila ukuran las secara jelas dapat diverifikasi.

#### 4. Kontrol sambungan las

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2.6-9)$$

Di mana:

$R_u$  = Beban terfaktor las

$R_{nw}$  = Tahanan nominal per satuan panjang las

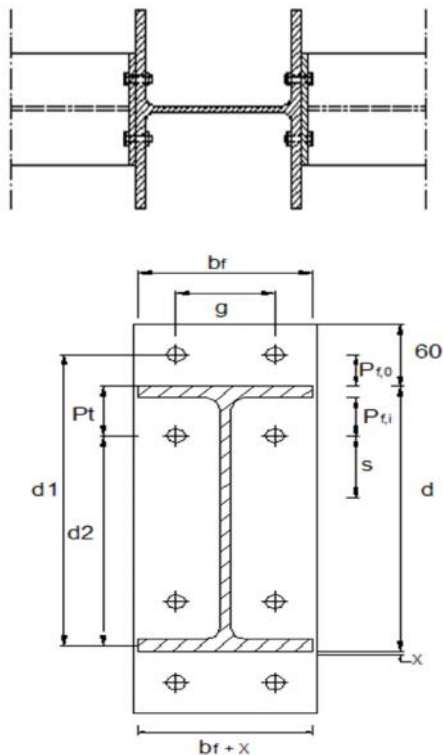
$\phi$  = Faktor reduksi (0,75)

**Tabel 2.4.** Tipe elektroda las

Elektroda	Tegangan leleh minimum		Kuat tarik minimum ( $f_u$ )	
	(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)
E 60	50	354	67	460
E 70	57	495	70	485
E 80	67	460	72	495
E 100	87	600	100	690
E 110	97	670	110	760

### 2.6.3. Sambungan Balok-Kolom (End Plate)

Sambungan balok ke kolom ditujukan untuk memindahkan momen dan memperkecil atau meniadakan rotasi batang pada sambungan. Karena sayap suatu balok memikul hampir seluruh momen lentur melalui gaya tarik dan gaya tekan sayap yang terpisah oleh lengan momen yang kira-kira sama dengan tinggi balok. Persyaratan yang dibuat harus berkaitan dengan pemindahan gaya aksial yang penting ini. Karena gaya geser terutama dipikul oleh badan balok, kontinuitas penuh mengharuskan gaya geser dipindahkan langsung dari badan.



**Gambar 2.6.** Sambungan Balok –Kolom (End Plate)

Dimana tebal pelat minimum dapat dihitung dengan persamaan:

$$t_p \geq \left[ \frac{M_u / \Phi F_{py}}{\left( \frac{b_f}{2} \left( \frac{1}{P_{f,i}} + \frac{1}{s} \right) + (P_{f,i} + s) \frac{2}{g} \right) (h - p_t) + \frac{b_f}{2} \left( \frac{h}{P_{f,0}} + \frac{1}{2} \right)} \right]^{1/2}$$

Dengan nilai s

$$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_f \cdot g}$$

Dimana:

$F_{py}$  = Tegangan leleh material pelat ujung, MPa

$M_{pl}$  = Kapasitas momen plastis pelat ujung, MPa

$M_u$  = Momen Batas sambungan pelat ujung/ momen terfaktor, MPa

= Keruntuhan lentur akibat leleh, = 0.9

Kuat sambungan didasarkan pada kekuatan baut tanpa efek prying/  
congkel

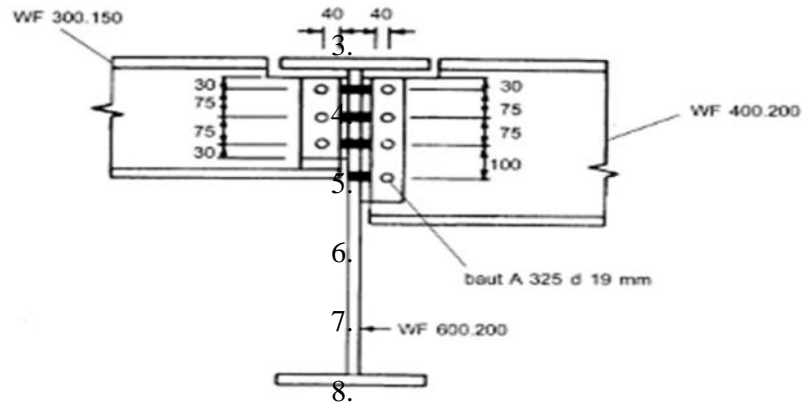
$$M_{np} = 2 P_t (d_1 + d_2)$$

Dimana:

$M_{np}$  = Kapasitas sambungan baut end plate didasarkan pada  
kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel, MPa

= Keruntuhan fraktur baut, = 0.75

#### 2.6.4. Sambungan Balok Induk – Balok Anak



**Gambar 2.7.** Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Bila balok merangka secara transversal ke gelagar atau balok lainnya, maka balok – balok tersebut mungkin ditempelkan ke salah satu ataupun kedua sisi dari badan gelagar dengan menggunakan sambungan balok dengan rangka sederhana atau dengan menggunakan dudukan yang dikombinasikan dengan sambungan balok rangka. Untuk sambungan balok ke balok disarankan memberikan suatu sarana yang memungkinkan gaya tarik yang ada pada suatu flens balok akan ditahan melintasi balok ditahan melintasi balok disebelahnya pada sisi lain dari badan gelagar.

#### 2.7. Pelat Landasan (Base Plate)

Dalam perencanaan suatu struktur baja, bagian penghubung antara kolom struktur dengan pondasi sering disebut dengan istilah Plat landasan(*base plate*). Pada umumnya suatu struktur base plate terdiri dari suatu plat, angkur serta sirip-sirip pengaku (*stiffener*). Suatu sturuktur base plate dan angkur



harus memiliki kemampuan untuk mentransfer gaya geser, gaya aksial dan momen lentur ke pondasi.

Dalam perencanaan suatu struktur base plate biasanya dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu tipe dimana base plate tanpa beban momen lentur, atau dalam bentuk idealisasi tumpuan, adalah tumpuan sendi. Dan base plate dengan beban momen lentur yang terjadi, angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi.

### 2.7.1. Kategori Sendi:

Dalam kasus ini suatu struktur base plate harus mampu memikul gaya aksial serta gaya geser. Karena tidak ada momen lentur yang bekerja, maka akan terjadi distribusi tegangan yang merata pada bidang kontak antara base plate dan beton penumpu. Sedangkan angkur yang terpasang ditujukan untuk menahan gaya geser yang terjadi.

Untuk kesetimbangan statis, reaksi tumpuan pada beton ( $P_p$ ) harus segaris dengan beban aksial yang bekerja.

$$P_u = \phi \cdot P_p \quad (2.7-1a)$$

$$P_p = \phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot A_1 \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.7-1b)$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \geq 2 \quad (2.7-1c)$$

Di mana:

$P_u$  = Gaya aksial terfaktor

$P_p$  = Gaya aksial nominal

$N$  = Panjang *base plate*

$B$  = Lebar *base plate*

$A_1$  = Luas permukaan *base plate*

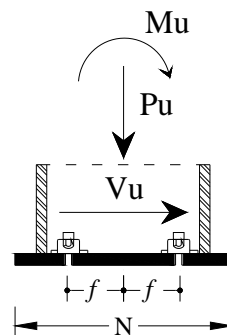
$A_2$  = Luas maksimum bagian permukaan beton yang secara geometris sama dengan dan konsentris dengan daerah yang dibebani.

$\phi$  = Faktor Reduksi (0.6)

$f'_c$  = Kuat tekan beton

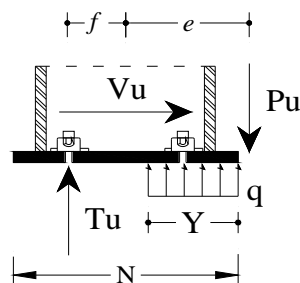
### 2.7.2. Kategori Jepit:

Dalam kasus ini suatu struktur *base plate* harus mampu memikul momen lentur yang terjadi. Sedangkan angkur harus didesain agar dapat menahan gaya uplift serta gaya geser yang terjadi. Dalam kasus ini ada dua variabel yang harus dihitung yaitu panjang  $Y$  dan gaya tarik pada angkur,  $T_u$ .



**Gambar 2.8.** Beban yang bekerja pada *base plate*

Perhitungan Eksentrisitas:



**Gambar 2.9.** *Base plate* dengan eksentrisitas beban

$$e = \frac{M_u}{P_u} \quad (2.7-2)$$

Di mana:

$e$  = Jarak Eksentisitas (mm)

$M_u$  = Momen yang terjadi (Nmm)

$P_u$  = Gaya tekan yang terjadi (N)

$f$  = jarak angkur ke sumbu *base plate* dan sumbu kolom

Perhitungan Tegangan Tumpu pada Beton:

$$q = \phi c \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot B \sqrt{\frac{A2}{A1}} \quad (2.7-3a)$$

$$Y = \left(f + \frac{N}{2}\right) \pm \sqrt{\left(-\left(f + \frac{N}{2}\right)\right)^2 - \frac{2P_u(f+e)}{q}} \quad (2.7-3b)$$

$$T_u = q \cdot Y - P_u \quad (2.7-3c)$$

Di mana:

$\phi c$  = Faktor Reduksi (0,6)

$f'c$  = Kuat tekan beton

$B$  = Lebar *base plate*

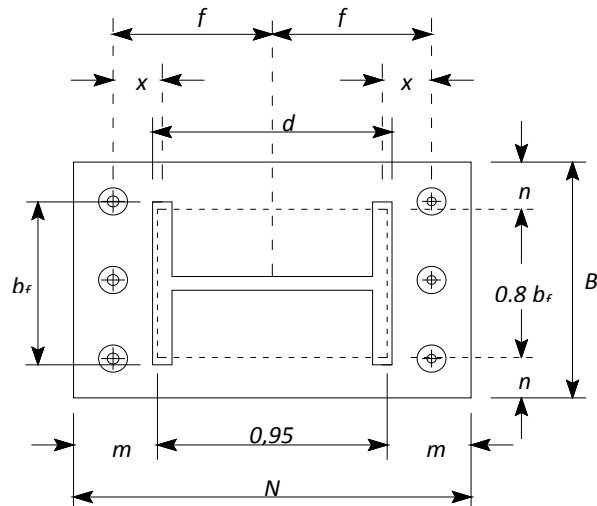
$T_u$  = Gaya tarik pada angkur

$q$  = Gaya merata pada plat (N/mm)

$A1$  = Luas *base plate*

$A2$  = Luas maksimum *base plate* yang menahan beban konsentrik

## 1. Ukuran Pelat Dasar



**Gambar 2.10.** Penampang plat landasan (*base plate*) dan Notasi

$$n = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} \quad (2.7-4a)$$

$$n = \frac{(B - 0.8 \cdot b_f)}{2} \quad (2.7-4b)$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} \quad (2.7-4c)$$

Dimana:

$B$  = Lebar *base plate*

$N$  = panjang *base plate*

$b_f$  = Lebar sayap/ *flens* kolom

$d$  = tinggi kolom

$f$  = jarak angkur ke sumbu *base plate* dan sumbu kolom

## 2. Perhitungan Angkur

Angkur yang dipasang pada suatu *base plate* direncanakan untuk memikul kombinasi beban geser dan tarik, dengan syarat sebagai berikut:

$$V_{ub} \leq \phi \cdot F_v \cdot A_b \quad (2.7-5)$$

$$T_{ub} \leq \phi \cdot F_t \cdot A_b \quad (2.7-6)$$

Untuk angkur tipe A307:

$$F_t = 407 - 1.9f_v < 310$$

$$F_v = 166 \text{ MPa}$$

Untuk angkur tipe A325 dengan ulir di luar bidang geser:

$$F_t = 807 - 1.5f_v < 621$$

$$F_v = 414 \text{ MPa}$$

Dengan:

$V_{ub}$  = gaya geser terfaktor pada angkur, N

$T_{ub}$  = gaya tarik terfaktor pada angkur, N

$\phi$  = Faktor tahanan pada angkur, (0,75)

$F_v$  = Kuat geser nominal angkur, MPa

$F_t$  = Kuat tarik nominal angkur, MPa

$A_b$  = Luas penampang angkur, mm<sup>2</sup>

$f_v$  = tegangan geser yang terjadi pada angkur =  $\frac{V_{ub}}{A_b}$

n = Jumlah angkur

### 3. Perhitungan Tebal *Base Plate*

Perencanaan tebal *base plate* dilakukan seperti perencanaan komponen struktur lentur, dengan persyaratan:

$$M_{pl} = \phi_b \cdot M_n \quad (2.7-7)$$

$$M_n = M_p \quad (2.7-8)$$

Dimana:

$M_{pl}$  = momen lentur terfaktor yang terjadi pada *base plate*, Nmm

$M_n$  = momen nominal *base plate*, Nmm

$M_p$  = momen lentur plastis dari *base plate*, Nmm

Besarnya momen lentur terfaktor dapat dihitung dengan persamaan:

$$M_{pl} = f_p \cdot \left(\frac{c^2}{2}\right) \quad (2.7-9)$$

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot b_f}{4}} \quad (2.7-10)$$

Dimana:

$f_p$  = tegangan tumpu yang timbul pada permukaan beton, MPa

$c$  = diambil dari nilai terbesar antara  $m$ ,  $n$  dan  $n'$

$n'$  = panjang kantilever *base plate* dari muka kolom *flens* atau *web* berdasarkan teori garis leleh

Momen nominal *base plate* dihitung dengan persamaan:

$$M_n = M_p = \left(\frac{t_p^2}{4}\right) \cdot f_y \quad (2.7-10)$$

Dimana:

$t_p$  = tebal pelat, mm



## 2.8. Balok Komposit

Kuat lentur nominal suatu komponen struktur komposit yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis, dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut:

### - Daerah Momen Positif

#### 1. Sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton

Dengan mengacu pada gambar , maka besar tekan C adalah

$$C = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_e \quad (2.8-1)$$

Gaya tarik T pada profil baja adalah sebesar:

$$T = A_s \cdot f_y \quad (2.8-2)$$

Dari keseimbangan gaya  $C=T$ , maka diperoleh:

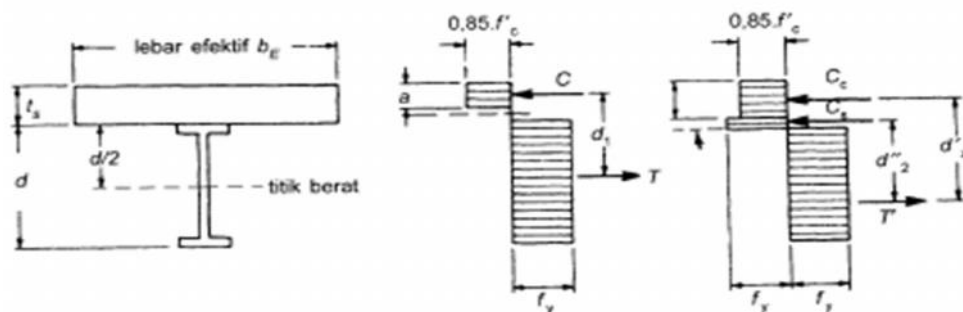
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_e} \quad (2.8-3)$$

Kuat lentur nominal dapat dihitung dari gambar 2.5.b:

$$M_n = C \cdot d_1 \quad (2.8-4)$$

Atau:

$$M_n = T \cdot d_1 = A_s \cdot f_y \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) \quad (2.8-5)$$



**Gambar 2.11.** Kuat lentur nominal berdasarkan Distribusi Tegangan Plastis

Jika dari hasil perhitungan ternyata  $a > t_s$ , maka asumsi harus diubah. Hasil ini menyatakan bahwa pelat beton tidak cukup kuat untuk mengimbangi gaya tarik yang timbul pada baja.

2. Sumbu netral plastis jatuh pada profil baja.

Apabila ke dalam blok tegangan beton,  $a$ , ternyata melebihi tebal pelat beton. Maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada gambar 2.5. gaya tekan  $C_c$ , yang bekerja pada beton adalah sebesar:

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot t_s \quad (2.8-6)$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan:

$$T' = C_c + C_s \quad (2.8-7)$$

Besar  $T'$  sekarang lebih kecil daripada  $A_s \cdot f_y$ , yaitu:

$$T' = A_s \cdot f_y - C_s \quad (2.8-8)$$

Dengan menyamakan persamaan diatas diperoleh:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - C_c}{2} \quad (2.8-9)$$

Atau dengan mendistribusikan persamaan, diperoleh bentuk:

$$C_s = \frac{A_s \cdot f_y - 0,85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot t_s}{2} \quad (2.8-10)$$

Kuat lentur nominal diperoleh dengan memperhatikan gambar 2.5.c:

$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2' \quad (2.8-11)$$

- **Daerah Momen negative**

Pada dasarnya prinsip perhitungan pada momen positif dan negative hampir sama, yang membedakan adalah nilai kuat nominal yang timbul dan dapat dihitung:

$$\text{Untuk } T = T_n = A_{sr} \cdot f_{yr}$$

Untuk  $C = C_n = A_s' \cdot f_{yr}$

Dimana:

$A_{sr}$  = Luas total tulangan longitudinal pada tumpuan interior yang terletak di dalam lebar efektif *flens*  $b_E$

$A_s'$  = Luas total tulangan tekan pada lokasi momen positif maksimum dan terletak di dalam lebar efektif  $b_E$

$f_{yr}$  = tegangan leleh minimum dari tulangan longitudinal

### 2.8.1. Lebar Efektif Balok Komposit

Konsep lebar efektif sangat berguna dalam proses mendisain suatu komponen struktur (komposit). Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut:

1. Untuk balok-balok interior

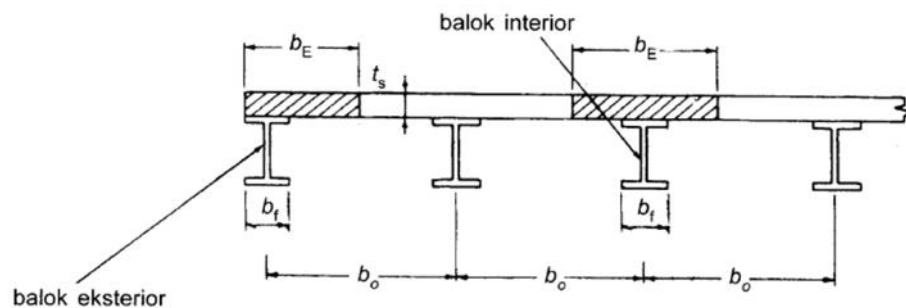
$$b_E = \frac{L}{4} \quad (2.8-12a)$$

$$b_E = b_0 \quad (2.8-12b)$$

2. Untuk balok-balok eksterior:

$$b_E = \frac{L}{8} + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat}) \quad (2.8-12c)$$

$$b_E = \frac{1}{2} b_0 + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat}) \quad (2.8-12d)$$



**Gambar 2.12.** Lebar efektif balok komposit

### 2.8.2. Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan. Kuat nominal penghubung geser jenis paku yang ditanam dalam pelat beton yaitu sebagai berikut:

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq A_{sc} f_u \quad (2.8-13)$$

Dengan:

$A_{sc}$  = luas penampang penghubung geser jenis paku, mm<sup>2</sup>

$f_u$  = tegangan putus penghubung jenis paku

$Q_n$  = kuat geser nominal untuk penghubung geser

Jumlah penghubung geser (shear connector) yang dibutuhkan yaitu:

$$N_1 = \frac{V_h}{Q_n} \quad (2.8-14)$$

Dengan:

$N_1$  = Jumlah penghubung geser

$V_h$  = Gaya geser horizontal

Persyaratan mengenai jarak penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6 yang antara lain mensyaratkan:

1. Selimut lateral minimum = 25 mm, kecuali ada dek baja
2. Diameter maksimum = 2,5 x tebal flens profil baja
3. Jarak longitudinal minimum = 6 x diameter penghubung geser
4. Jarak longitudinal maksimum = 8 x tebal pelat beton
5. Jarak minimum dalam arah tegak lurus sumbu longitudinal = 4 x diameter.

6. Jika digunakan dek baja gelombang, jarak minimum penghung geser dapat diperkecil menjadi 4 x diameter.

## **2.9. Analisa Pembebanan**

Berdasarkan SNI 1727:2013, beban yang bekerja pada struktur dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu beban vertikal yang meliputi beban mati dan beban hidup, serta beban horizontal yang berupa beban gempa dan beban angin.

### **Beban Vertikal**

#### **1. Beban Mati**

Beban mati mencakup semua bagian struktur gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisah dari suatu gedung.

#### **2. Beban Hidup**

Beban hidup merupakan semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat dipindah.

### **Beban Horizontal**

#### **1. Beban Angin**

Mencakup semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

## 2. Beban Gempa

Dalam SNI 1726:2012 terdapat beberapa perubahan cara perhitungan beban gempa dibanding dengan peraturan sebelumnya, seperti perubahan peta gerak tanah seismik, penambahan kategori desain seismik, perubahan grafik respon spektrum desain dan lain-lain. Untuk perhitungan gaya geser akibat gempa digunakan analisis sebagai berikut:

### a. Menentukan nilai spektral percepatan gempa $S_s$ dan $S_I$

Nilai spektral percepatan gempa untuk perioda pendek ( $S_s$ ) dan spektral percepatan gempa untuk perioda 1 detik ( $S_I$ ) didapat dari peta gempa dalam SNI 1726:2012.

### b. Menentukan kategori risiko bangunan dan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ )

Menurut SNI 1726:2012 pasal 4.2.1, pengaruh gempa rencananya harus dikalikan dengan faktor keutamaan ( $I_e$ ) menurut tabel 2.5.

**Tabel 2.5.** Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko Bangunan	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1.0
III	1.25
IV	1.5

Sumber : SNI 1726 2012

### c. Menentukan Klasifikasi Situs

Menurut SNI 1726 2012 pasal 5.3 klasifikasi kelas situs dibagi menjadi 6 diantaranya SA, SB, SC, SD, SE dan SF. Kelas situs tersebut meliputi batuan keras batuan, tanah keras, sangat padat dan batuan lunak, tanah sedang, tanah lunak, dan tanah khusus yang membutuhkan investigasi geoteknik dan analisis respon spesifik. Kelas situs tersebut didefinisikan secara lebih rinci seperti pada tabel 2.6.

**Tabel 2.6.** Klasifikasi situs

Kelas situs	$V_s$ (m/detik)	N atau $N_{ch}$	$S_n$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: Indeks plastisitas, $PI > 20$ Kadar air, $w > 40\%$ Kuat geser niraliir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus yang membutuhkan investigasi)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik sebagai berikut: Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$ ) Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5m$ dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 m$ dengan $S_u < 50$ kPa		

Sumber : SNI 1726 2012

d. Menentukan Koefisien Situs  $F_a$  dan  $F_v$

Menurut SNI 1726 2012 pasal 6.1.2 koefisien situs  $F_a$  ( faktor amplifikasi terkait percepatan pada getaran perioda pendek ) dan  $F_v$  ( faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik ) harus mengikuti tabel 2.7 dan tabel 2.8.

**Tabel 2.7.** Koefisien situs  $F_a$ 

Site Class	Parameter respon spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.2	1.2	1.1	1	1
SD	1.6	1.4	1.2	1.1	1
SE	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

SF	SS <sup>b</sup>
----	-----------------

**Tabel 2.8.** Kategori Lokasi Fv untuk menentukan Nilai  $S_1$

Site Class	Parameter respon spectral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_1 = 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
SA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
SB	1	1	1	1	1
SC	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
SD	2.4	2	1.8	1.6	1.5
SE	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
SF	SS <sup>b</sup>				

Sumber : SNI 1726 2012

*Catatan :*

*Untuk nilai – nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linear*

*SS = situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis*

*respon situs – spesifik, lihat pasal 6.10.1 SNI 1726 2012*

- e. Menentukan percepatan spektral desain  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  berdasarkan SNI 1726 hal 22.

$$S_{DS} = \frac{2}{3}(f_a S_s) \quad (2.9-1)$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3}(f_v S_s) \quad (2.9-2)$$

- f. Menentukan Kategori Desain Seismik

Menurut SNI 1726:2012 pasal 6.5 suatu struktur harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya sesuai pada tabel 2.8 dan tabel 2.9. Selain itu, menurut SNI 1726:2012 struktur dengan kategori risiko I, II, atau III yang berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik ( $S_1$ ) lebih besar dari atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. Struktur yang berkategori risiko IV yang



berlokasi di mana parameter respons spektral percepatan terpetakan pada perioda 1 detik ( $S_1$ ) lebih besar dari atau sama dengan 0,75, harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F.

**Tabel 2.9.** Kategori Desain Gempa ( KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0.167$	A	A
$0.167 \leq S_{DS} < 0.33$	B	B
$0.33 \leq S_{DS} < 0.50$	C	C
$S_{DS} \geq 0.50$	D	D

Sumber : SNI 1726 2012

**Tabel 2.10.** Kategori Desain Gempa ( KDG) Berdasarkan Parameter Percepatan Periode 1.0 detik

Nilai $S_{DI}$	Kategori Resiko Bangunan	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} < 0.067$	A	A
$0.067 \leq S_{DI} < 0.133$	B	B
$0.133 \leq S_{DI} < 0.20$	C	C
$S_{DI} \geq 0.20$	D	D

Sumber : SNI 1726 2012

g. Pemilihan sistem struktur

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam tabel 2.10.

**Tabel 2.11.** Faktor R, Cd, dan  $\phi$  untuk sistem penahan gaya gempa

Sistem penahan-gaya seismic	R	$\phi$	Cd	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur				
				B	C	D	E	F
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja pemikul momen menengah	4.5	3	4	TB	TB	$10^{h,i}$	$TI^h$	$TI^i$
Rangka baja pemikul momen biasa	3.5	3	3	TB	TI	$TI^h$	$TI^h$	$TI^i$

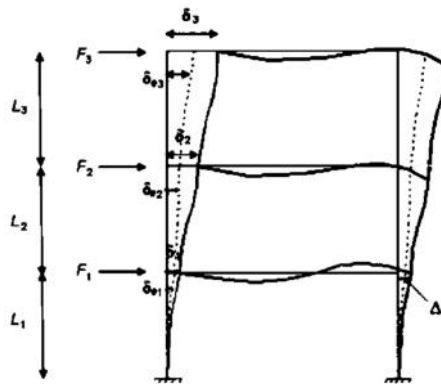
Sumber: SNI 1726:2012

**CATATAN:** TB = Tidak Dibatasi TI = Tidak Diiijinkan

## 2.10. Defleksi Lateral

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain,  $\Delta$ , harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Seperti yang digambarkan pada gambar 2.13,  $\Delta$  merupakan defleksi lateral dari suatu struktur portal.

Besarnya defleksi tergantung pada besarnya beban-beban yang dikenakan pada struktur misalnya beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa. Dengan ketinggian struktur yang sama, semakin besar defleksi maksimum yang terjadi semakin besar pula simpangan antar lantai yang terjadi. (SNI 1726 2012; hal:61)



**Gambar 2.13. Penentuan simpang antar lantai**

### 2.10.1. Batasan Simpang Antar lantai Tingkat

Simpangan antar lantai tingkat desain ( $z$ ) seperti ditentukan dalam SNI 1726-2012 pasal 7.8.6, 7.9.2, atau 12.1, tidak boleh

melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin ( $\Delta_a$ ) seperti didapatkan  
dan Tabel berikut:

**Tabel 2.12. Simpangan antar lantai ijin  $\Delta_a^{a,b}$**

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025 h_{sx}^c$	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$	$0,007 h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020 h_{sx}$	$0,015 h_{sx}$	$0,010 h_{sx}$

Sumber : SNI 1726 2012; Tabel 16 ; hal 66

## **BAB III**

### **DATA PERENCANAAN**

#### **3.1 Data-Data Perencanaan**

##### **3.1.1 Data Bangunan**

Perencanaan struktur gedung baja pada skripsi ini mengambil objek gedung Christian Center Samarinda dengan data sebagai berikut:

- Lokasi bangunan : Samarinda, Kalimantan Timur
- Fungsi bangunan : Gedung Serbaguna
- Jumlah lantai : 5 Lantai
- Jenis Struktur : Portal Baja
- Bentang memanjang : 63.6 m
- Bentang melintang : 14.4 m
- Tinggi antar lantai : 4 m
- Tinggi bangunan : 25.43 m
- Tebal Pelat Rencana : 12 cm

##### **3.1.2 Data Material**

Dalam perencanaan ini, mutu bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Profil baja struktur : *Wide Flange* (WF)
- Jenis profil baja : BJ 37
- Tegangan leleh profil baja ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus profil baja ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja ( $E_s$ ) : 200000 MPa
- Modulus geser ( $G$ ) : 80000 MPa
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f'_c}$   
:  $4700 \sqrt{25}$   
: 23500 MPa

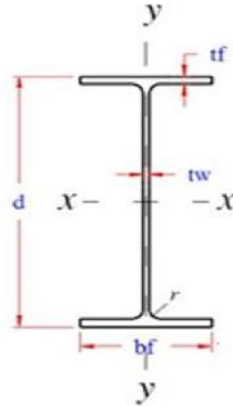
### 3.2 Pendimensian Struktur (Preliminary Desain)

#### 3.2.1 Dimensi Balok

Digunakan dimensi balok sebagai berikut:

##### 1. Balok induk

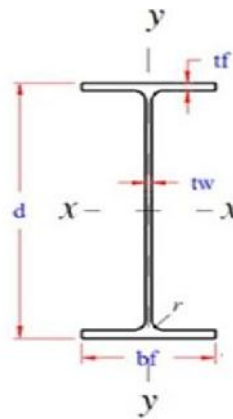
- Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 400$ mm	$I_x = 23700$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 200$ mm	$I_y = 1740$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 8$ mm	$i_x = 16.8$ cm
$t_f = 13$ mm	$i_y = 4.54$ cm
$r = 16$ mm	$S_x = 1190$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 84.10$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 174$ cm <sup>3</sup>
$w = 66$ kg/m	

- Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14

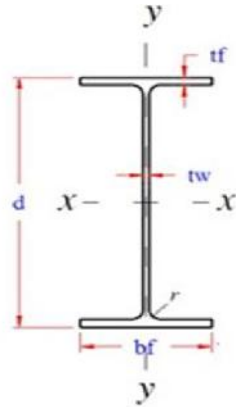


Dari tabel baja diperoleh:

$d = 450$ mm	$I_x = 33500$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 200$ mm	$I_y = 1870$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 9$ mm	$i_x = 18.6$ cm
$t_f = 14$ mm	$i_y = 4.4$ cm
$r = 18$ mm	$S_x = 1490$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 96.80$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 187$ cm <sup>3</sup>
$w = 76$ kg/m	$Z_x = 1621.5$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 288.5$ cm <sup>3</sup>

## 2. Balok anak

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11

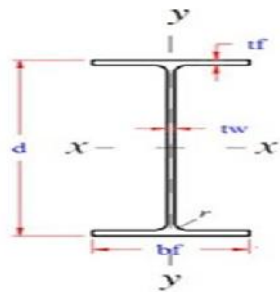


Dari tabel baja diperoleh:

$d = 350$ mm	$I_x = 13600$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 175$ mm	$I_y = 984$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 7$ mm	$i_x = 14.7$ cm
$t_f = 11$ mm	$i_y = 3.95$ cm
$r = 14$ mm	$S_x = 775$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 63.14$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 112$ cm <sup>3</sup>
$w = 49.6$ kg/m	$Z_x = 840.8$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 172.5$ cm <sup>3</sup>

### 3.2.2 Kolom

Digunakan profil baja WF 350 x 350 x 12 x 19



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 350$ mm	$I_x = 40300$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 350$ mm	$I_y = 13600$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 12$ mm	$i_x = 15.2$ cm
$t_f = 19$ mm	$i_y = 8.84$ cm
$r = 20$ mm	$S_x = 2300$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 173.90$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 776$ cm <sup>3</sup>
$w = 137$ kg/m	$Z_x = 2493.2$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 1175$ cm <sup>3</sup>

## 3.3 Pembebanan

Adapun data beban-beban yang bekerja pada struktur yakni sebagai berikut:

a. Beban mati (PPIUG 1983)

Beton bertulang	= 2400 kg/m <sup>3</sup>
keramik per m <sup>2</sup>	= 24 kg/m <sup>2</sup>
Spesi per cm tebal	= 21 kg/m <sup>2</sup>

langit-langit	=	11	kg/m <sup>2</sup>
dinding 1/2 batu per m <sup>2</sup>	=	250	kg/m <sup>2</sup>
Penggantung	=	7	kg/m <sup>2</sup>
Pasir	=	1600	kg/m <sup>3</sup>
Berat Equipment	=	35	kg/m <sup>2</sup>

b. Beban hidup (SNI 1727-2013)

Beban hidup lantai 5	=	4.79	kN/m <sup>2</sup>	=	479	kg/m <sup>2</sup>
Beban hidup lantai 2-4	=	1.92	kN/m <sup>2</sup>	=	192	kg/m <sup>2</sup>

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Pembebanan

#### 1. Perhitungan pembebanan lantai

##### Beban mati:

Berat sendiri	=	0.12	x	2400	=	288	kg/m <sup>2</sup>
Berat urugan pasir	=	0.02	x	1600	=	32	kg/m <sup>2</sup>
Berat keramik	=	1.00	x	24	=	24	kg/m <sup>2</sup>
Berat spesi	=	3.00	x	21	=	63	kg/m <sup>2</sup>
Berat equipment					=	35	kg/m <sup>2</sup>
Berat langit-langit + penggantung	=	11	+	7	=	18	kg/m <sup>2</sup>
						<u>qd = 460</u>	kg/m <sup>2</sup>

### 4.2 Perhitungan Berat Massa per Lantai

#### 1. Berat Lantai 5

##### a. Beban mati

- Berat plat lantai = Luas plat x qd plat

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= [3 \text{ m} \times 3.9 \text{ m}] + [43.2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}] + [57.6 \text{ m} \times 8.4 \text{ m}] + \\ &\quad [56.7 \text{ m} \times 6 \text{ m}] + [51.9 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}] + [2.4 \text{ m} \times 2 \text{ m}] + \\ &\quad [1.6 \text{ m} \times 2.6 \text{ m}] + [3 \text{ m} \times 3.9 \text{ m}] + [1.5 \text{ m} \times 6 \text{ m}] \\ &= 1008.05 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat plat lantai} &= 1008.05 \text{ m}^2 \times 460 \\ &= 463703 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Berat balok = L x Σ Balok x w

**Balok Induk Wf 400x200x8x13**

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\text{Panjang Balok (L)} = 59.1 \text{ m} + [3 \text{ m} \times 63.6 \text{ m}]$$



$$= 249.9 \text{ m}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= [2 \cdot 7.7] + [9 \cdot 13.35] \\ &= 135.6 \text{ m} \end{aligned}$$

#### **Balok Induk WF 450x200x9x14**

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= 9 \cdot 2.65 \\ &= 23.85 \text{ m} \end{aligned}$$

#### **Balok Anak**

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= 51.9 + 1.5 + 2.4 + 0.8 + 50.4 + 2.4 + \\ &\quad 6 + 57.6 + 7.2 + 43.2 \\ &= 223.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= [6 \cdot 12] + [2 \cdot 2] + 11 + [4 \cdot 6] + \\ &\quad 4 + 7.5 \\ &= 122.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Berat balok lantai 5

Balok	Arah Tinjau	Panjang (m)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Induk 400x200	Arah x	249.9	66	16493.4
	Arah y	135.55	66	8946.3
450x200	Arah y	23.85	76	1812.6
Anak	Arah x	223.4	49.6	11080.64
	Arah y	122.5	49.6	6076
Total berat balok				44408.94

Tabel 4.2 Berat kolom lantai 5

Kolom	Tinggi, H m	Jumlah (bh)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Atas	4	40	49.6	7936
Bawah	2	40	137	10960
Total berat kolom				18896

Tabel 4.3 Berat dinding lantai 5

Dinding	Arah		Tinggi, H (m)	B. Bata kg/m <sup>2</sup>	Panjang (m)	Berat Kg
1/2 Bata	Atas	Arah x	4	250	179	179000
		Arah y	4	250	108.8	108800
1/2 Bata	Bawah	Arah x	1.6	250	264.2	105680
		Arah y	1.6	250	251.6	100640
Total berat dinding						494120

Tabel 4.4 Berat total lantai 5

Keterangan	Berat (w) dalam satuan Kg
Atap	43818.37
Berat plat lantai	463703.00
Berat balok	44408.94
Berat kolom	18896.00
Berat Sambungan, 10 %	6330.49
Berat dinding	494120
Total berat ( $\Sigma w$ dead)	1071276.80

b. Beban Hidup ( $W_{live}$ )

Koefisien reduksi = 0.5

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat plat lantai} &= \text{Luas plat} \times \text{beban guna lantai} \times \text{koef. Reduksi} \\
 &= 1008.05 \times 479 \times 0.5 \\
 &= 241427.98 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka total berat pada lantai 5 adalah

$$\begin{aligned}
 \Sigma W &= W_{\text{dead}} + W_{\text{live}} \\
 &= 1071276.80 + 241427.98 \\
 &= 1312704.78 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

## 2. Berat Lantai 4

### a. Beban mati

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat plat lantai} &= \text{Luas plat} \times \text{qd plat} \\
 \text{Luas} &= [3 \times 3.9] + [57.6 \times 8.4] + [56.7 \times 6] + \\
 &\quad [2.4 \times 2] + [1.6 \times 2.6] + [3 \times 3.9] + \\
 &\quad [1.5 \times 6] - [3.6 \times 4.5] \\
 &= 849.2 \text{ m}^2 \\
 \text{Berat plat lantai} &= 849.2 \times 460 \\
 &= 390632.00 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$- \text{ Berat balok} = L \times \Sigma \text{ Balok} \times w$$

### Balok Induk

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Balok (L)} &= 57.6 + [3 \times 63.6] \\
 &= 248.4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Balok (L)} &= [2 \times 7.7] + [9 \times 13.4] \\
 &= 135.6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Balok Anak

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned}\text{Panjang Balok (L)} &= 3 + 2.4 + 0.8 + 50.4 + 2.4 + 9.6 + \\ &\quad 43.2 + 10.8 + 7.2 \\ &= 129.8 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned}\text{Panjang Balok (L)} &= \left[ 5 \cdot 6 \right] + \left[ 6 \cdot 12 \right] + \left[ 2 \cdot 2 \right] + 11 + \\ &\quad 4 \\ &= 121 \text{ m}\end{aligned}$$

Tabel 4.5 Berat balok lantai 4

Balok	Arah Tinjau	Panjang (m)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Induk	Arah x	248.4	66	16394.4
	Arah y	135.55	66	8946.3
Anak	Arah x	129.8	49.6	6438.08
	Arah y	121	49.6	6001.6
Total berat balok				37780.38

Tabel 4.6 Berat kolom lantai 4

Kolom	Tinggi, H m	Jumlah (bh)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Atas	2	40	137	10960
Bawah	2	40	137	10960
Total berat kolom				21920

Tabel 4.7 Berat dinding lantai 4

Dinding	Arah		Tinggi, H (m)	B. Bata kg/m <sup>2</sup>	Panjang (m)	Berat Kg
1/2 Bata	Atas	Arah x	2	250	264.2	132100
		Arah y	2	250	251.6	125800
	Bawah	Arah x	1.6	250	264.2	105680
		Arah y	1.6	250	251.6	100640
Total berat dinding						464220

Tabel 4.8 Berat total lantai 4

Keterangan	Berat (w) dalam satuan Kg
Berat plat lantai	390632.00
Berat balok	37780.38
Berat kolom	21920.00
Berat Sambungan, 10 %	5970.04
Berat dinding	464220
Total berat ( $\Sigma w$ dead)	920522.42

b. Beban Hidup ( $W_{live}$ )

Koefisien reduksi = 0.3

$$\begin{aligned}
 \text{- Berat plat lantai} &= \text{Luas plat} \times \text{beban guna lantai} \times \text{koef. Reduksi} \\
 &= 849.2 \times 192 \times 0.3 \\
 &= 48913.92 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka total berat pada lantai 4 adalah

$$\begin{aligned}
 \Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\
 &= 920522.42 + 48913.92 \\
 &= 969436.34 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

### 3. Berat Lantai 3

#### a. Beban mati

- Berat plat lantai = Luas plat x qd plat

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= [3 \text{ . } 3.9] + [57.6 \text{ . } 8.4] + [56.7 \text{ . } 6] + \\ &\quad [2.4 \text{ . } 2] + [1.6 \text{ . } 2.6] + [3 \text{ . } 3.9] + \\ &\quad [1.5 \text{ . } 6] - [3.6 \text{ . } 4.5] \\ &= 849.2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Berat plat lantai = 849.2 x 460  
= 390632.00 Kg

- Berat balok = L .  $\Sigma$  Balok . w

#### Balok Induk

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= 57.6 + [3 \text{ . } 63.6] \\ &= 248.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= [2 \text{ . } 7.7] + [9 \text{ . } 13.4] \\ &= 135.6 \text{ m} \end{aligned}$$

#### Balok Anak

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= 3 + 2.4 + 0.8 + 50.4 + 2.4 + 9.6 + \\ &\quad 43.2 + 10.8 + 7.2 \\ &= 129.8 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= [5 \text{ . } 6] + [6 \text{ . } 12] + [2 \text{ . } 2] + 11 + \\ &\quad 4 \qquad \qquad \qquad \backslash \\ &= 121 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.9 Berat balok lantai 3

Balok	Arah Tinjau	Panjang (m)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Induk	Arah x	248.4	66	16394.4
	Arah y	135.55	66	8946.3
Anak	Arah x	129.8	49.6	6438.08
	Arah y	121	49.6	6001.6
Total berat balok				37780.38

Tabel 4.10 Berat kolom lantai 3

Kolom	Tinggi, H m	Jumlah (bh)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Atas	2	40	137	10960
Bawah	2	40	137	10960
Total berat kolom				21920

Tabel 4.11 Berat dinding lantai 3

Dinding	Arah		Tinggi, H (m)	B. Bata kg/m <sup>2</sup>	Panjang (m)	Berat Kg
1/2 Bata	Atas	Arah x	2	250	264.2	132100
		Arah y	2	250	251.6	125800
	Bawah	Arah x	1.6	250	245	98000
		Arah y	1.6	250	139.6	55840
Total berat dinding						411740

Tabel 4.12 Berat total lantai 3

Keterangan	Berat (w) dalam satuan Kg
Berat plat lantai	390632.00
Berat balok	37780.38
Berat kolom	21920.00
Berat Sambungan, 10 %	5970.04
Berat dinding	411740
Total berat ( $\Sigma w$ dead)	868042.42

b. Beban Hidup ( $W_{live}$ )

$$\text{Koefisien reduksi} = 0.3$$

$$\begin{aligned}
 \text{- Berat plat lantai} &= \text{Luas plat} \times \text{beban guna lantai} \times \text{koef. Reduksi} \\
 &= 849.2 \times 192 \times 0.3 \\
 &= 48913.92 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka total berat pada lantai 3 adalah

$$\begin{aligned}
 \Sigma W &= W_{dead} + W_{live} \\
 &= 868042.42 + 48913.92 \\
 &= 916956.34 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

#### 4. Berat Lantai 2

a. Beban mati

$$\text{- Berat plat lantai} = \text{Luas plat} \times q_d \text{ plat}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= [3 \times 3.9] + [57.6 \times 8.4] + [56.7 \times 6] + \\
 &\quad [2.4 \times 2] + [1.6 \times 2.6] + [3 \times 3.9] + \\
 &\quad [1.5 \times 6] - [3.6 \times 4.5] \\
 &= 849.2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat plat lantai} &= 849.2 \times 460 \\
 &= 390632.00 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$



$$\text{- Berat balok} = L \cdot \sum \text{Balok} \cdot w$$

### **Balok Induk**

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= 57.6 + [3 \cdot 63.6] \\ &= 248.4 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= [2 \cdot 7.7] + [9 \cdot 13.4] \\ &= 135.6 \text{ m} \end{aligned}$$

### **Balok Anak**

Perhitungan Balok memanjang (Arah x)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= 3 + 2.4 + 0.8 + 50.4 + 2.4 + 9.6 + \\ &\quad 43.2 + 10.8 + 7.2 \\ &= 129.8 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Balok memanjang (Arah y)

$$\begin{aligned} \text{Panjang Balok (L)} &= [5 \cdot 6] + [6 \cdot 12] + [2 \cdot 2] + 11 + \\ &\quad 4 \\ &= 121 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.13 Berat balok lantai 2

Balok	Arah Tinjau	Panjang (m)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Induk	Arah x	248.4	66	16394.4
	Arah y	135.55	66	8946.3
Anak	Arah x	129.8	49.6	6438.08
	Arah y	121	49.6	6001.6
Total berat balok				37780.38

Tabel 4.14 Berat kolom lantai 2

Kolom	Tinggi, H m	Jumlah (bh)	Berat profil (kg/m)	Berat Kg
Atas	2	40	137	10960
Bawah	4	40	137	21920
Total berat kolom				32880

Tabel 4.15 Berat dinding lantai 2

Dinding	Arah		Tinggi, H (m)	B. Bata kg/m <sup>2</sup>	Panjang (m)	Berat Kg
1/2 Bata	Atas	Arah x	2	250	245	122500
		Arah y	2	250	139.6	69800
1/2 Bata	Bawah	Arah x	3.6	250	241.6	217440
		Arah y	3.6	250	185.9	167310
Total berat dinding						577050

Tabel 4.16 Berat total lantai 2

Keterangan	Berat (w) dalam satuan Kg
Berat plat lantai	390632.00
Berat balok	37780.38
Berat kolom	32880.00
Berat Sambungan, 10 %	7066.04
Berat dinding	577050
Total berat ( $\Sigma w$ dead)	1045408.42

b. Beban Hidup ( $W_{live}$ )

Koefisien reduksi = 0.5

- Berat plat lantai = Luas plat x beban guna lantai x koef. Reduksi

$$= 849.2 \times 192 \times 0.5$$

$$= 81523.2 \text{ Kg}$$

Maka total berat pada lantai 2 adalah

$$\Sigma W = W_{\text{dead}} + W_{\text{live}}$$

$$= 1045408.42 + 81523.2$$

$$= 1126931.62 \text{ Kg}$$

Tabel 4.17 Berat total tiap lantai

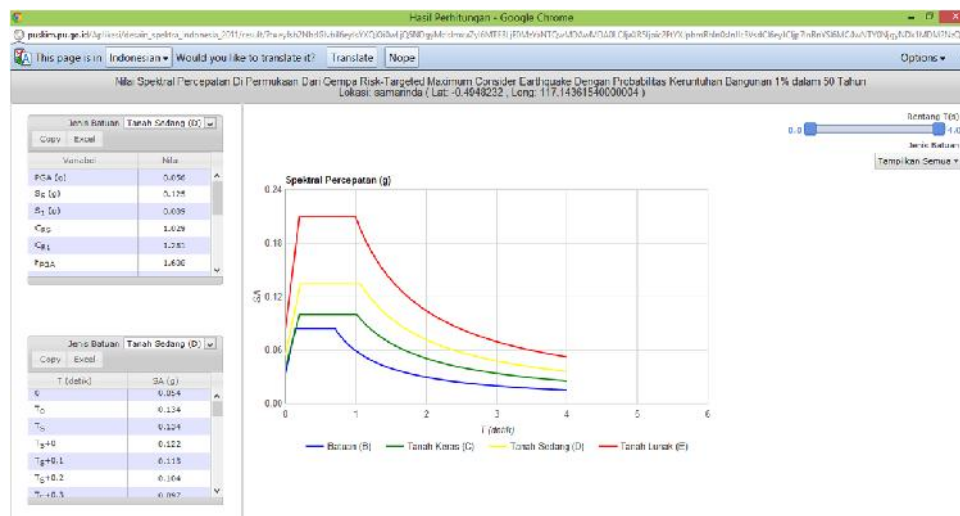
Keterangan	Berat (w) dalam satuan Kg
Lantai 5	1312704.78
Lantai 4	969436.34
Lantai 3	916956.34
Lantai 2	1126931.62

### 4.3 Perhitungan Desain Gempa

#### - Menentukan nilai $S_s$ dan $S_1$

Lokasi Gedung = Samarinda

Data didapat dari = Puskim.Pu.go. id



Gambar 4.1 Spektral percepatan gempa wilayah Samarinda

Maka didapat data :

$$S_s \sim 0.125 \text{ g}$$

$$S_1 \sim 0.089 \text{ g}$$

**- Menentukan Kategori Resiko bangunan dan faktor Keutamaan le**

Tabel 4.18 Kategori resiko bangunan gedung & non gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Sumber: SNI 1726-2012 hal :14

Lanjutan tabel 4.18

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bangunan-bangunan monumental</li> <li>- Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan</li> <li>- Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat</li> <li>- Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya</li> <li>- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat</li> <li>- Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat</li> <li>- Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran ) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat</li> </ul> <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber: SNI 1726-2012 hal :15

Tabel 4.19 Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: SNI 1726-2012 hal :15

#### - Menentukan Menentukan Koefisien Situs $F_a$ dan $F_v$

Tabel 4.20 Klasifikasi situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

Lanjutan tabel diatas

SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

Sumber: SNI 1726-2012 hal :17-18

Tabel 4.21 Klasifikasi situs Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s$ 0,25	$S_s$ 0,5	$S_s$ 0,75	$S_s$ 1,0	$S_s$ 1,25
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

CATATAN:

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Tabel 4.22 Klasifikasi situs Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada periode 1 detik, $S_1$				
	$S_1$ 0,1	$S_1$ 0,2	$S_1$ 0,3	$S_1$ 0,4	$S_1$ 0,5
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5

Lanjutan tabel diatas

SF	SS <sup>b</sup>
----	-----------------

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier  
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

**- Menentukan Nilai  $S_{Ds}$  dan  $S_{D1}$**

$$S_{Ds} = 0.67 \times 1.60 \times 0.125$$

$$= 0.133 \text{ g}$$

$$S_{D1} = 2/3 \times F_V \times S_1$$

$$= 0.67 \times 2.400 \times 0.089$$

$$= 0.142 \text{ g}$$

Tabel 4.23 KDS berdasarkan parameter percepatan periode pendek

Nilai $S_{Ds}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{Ds} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{Ds} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{Ds} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{Ds}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012 hal :24

Tabel 4.24 KDS berdasarkan parameter percepatan periode 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 1726-2012 hal :25

Kesimpulan Jenis tanah yang berada di Kota Samarinda untuk Tanah Sedang dengan Kategori gempa III A.

### Persyaratan Perancangan Untuk Kategori Desain Seismik A

Bangunan gedung dan non gedung dengan kategori desain seismik A hanya perlu memenuhi ketentuan-ketentuan di bawah ini. Elemen non-struktural dalam kategori desain seismik A dibebaskan dan ketentuan-ketentuan desain seismik. (SNI 1726 2012 ; 6.6)

#### - Persyaratan Beban Gempa

Beban gempa yang disyaratkan (dalam SNI 1726 2012 ; 6.6.2 – 6.6.5) harus dikombinasikan dengan beban mati dan beban hidup sesuai (SNI 1726 2012 ;4.2.2) untuk kombinasi beban ultimit dan (SNI 1726 2012 ;4.2.3) untuk kombinasi beban layan.

#### - Gaya Lateral

Setiap struktur harus dianalisis untuk pengaruh gaya lateral statik yang diaplikasikan secara independen di kedua arah ortogonal. Pada setiap arah yang ditinjau, gaya lateral statik harus diaplikasikan secara simultan di tiap lantai. Untuk tujuan analisis, gaya lateral di tiap lantai



dihitung sebagai berikut:

$$F_x = 0.01 W_x$$

Dimana:

$F_x$  = Gaya lateral rencana yang diaplikasikan pada lantai x

$W_x$  = Bagian beban mati total struktur, yang bekerja pada lantai x

Tabel 4.25 Gaya lateral gempa tiap lantai

Keterangan	Berat (w) lantai (kg)	$F_x$ (100 %) (kg)	$F_y$ (30 %) (kg)	$F_x$ (30 %) (kg)	$F_y$ (100 %) (kg)
Lantai 5	1312704.78	13127.05	3938.11	3938.11	13127.05
Lantai 4	969436.34	9694.36	2908.31	2908.31	9694.36
Lantai 3	916956.34	9169.56	2750.87	2750.87	9169.56
Lantai 2	1126931.62	11269.32	3380.79	3380.79	11269.32

#### 4.4 Perhitungan Beban Angin

Langkah 1 : Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain

Diambil Kategori resiko IV (SNI 1726-2012; hal 15)

Langkah 2 : Tentukan kecepatan angin dasar,  $V$ , untuk kategori yang sesuai.

Diambil  $V$ , Sebesar = 40 km/jam = 11.1 m/s

Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin :

1 Faktor arah angin ( $K_d$ )

Karena tipe struktur masuk dalam Sistem Penahan Beban Angin Utama

Maka:

Diamambil  $K_d = 0.85$  (SNI 1727:2013; pasal 26.6 hal 50)

2 Kategori eksposur

Masuk dalam eksposur,  $C_B$  (SNI 1727:2013; pasal 26.7.2 hal 51)

### 3 Faktor topografi (Kzt)

karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang diisyaratkan dalam pasal 28.8.1 maka

Diamabil  $K_z = 1.00$  (SNI 1727:2013 pasal 26.8 hal 54)

### 4 Faktor efek tiupan angin (G)

Diambil  $G = 0.85$  (SNI 1727:2013 pasal 26.9 hal 54)

### 5 Klasifikasi ketertutupan

Merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koefisien tekan internal yang diambil  $G_{cpi} = 0.18$

(SNI 1727:2013 pasal 26.11.1 hal 61 tabel 26.11-1)

Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$  :

$= 7$  (SNI 1727:2013 pasal 27.3-1; hal 65)

$Z_g = 365.8 \text{ m}$

$Z = 20 \text{ m}$

$$K_z = 2.01 \times \left( \frac{Z}{Z_g} \right)^{2/a} = 2.01 \times \left( \frac{20}{365.8} \right)^{0.29} = 0.876$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas,  $q$  atau  $q_h$  :

$$\begin{aligned} q_h &= 0.613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0.613 \times 0.876 \times 1.00 \times 0.85 \times 11.1^2 \\ &= 74.50 \text{ N/m}^2 \quad (\text{SNI 1727:2013; 27.4.1; hal; 66}) \end{aligned}$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal,  $C_p$

Angin Arah X

$C_{pt} \rightarrow q_h = 0.8$

$C_{ph} \rightarrow q_h = -0.2$

Angin Arah Y

$C_{pt} \rightarrow q_h = 0.8$

$C_{ph} \rightarrow q_h = -0.5$

(SNI 1727:2013; 27.4.1; hal; 68 )

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin,  $P$  :

Angin Arah X

$$\begin{aligned} p \text{ tekan} &= \left[ q_z \times G \times C_{pt} \right] - \left[ q_z \times \left( G_{cpi} \right) \right] \\ &= 74.50 \times 0.85 \times 0.80 - 74.50 \times 0.18 \\ &= 50.7 \text{ N/m}^2 \rightarrow 5.07 \text{ kg/m}^2 \\ p \text{ hisap} &= \left[ q_h \times G \times C_{ph} \right] - \left[ q_h \times \left( G_{cpi} \right) \right] \\ &= 74.50 \times 0.85 \times -0.20 - 74.50 \times 0.18 \\ &= -12.7 \text{ N/m}^2 \rightarrow 1.27 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

(SNI 1727:2013; 27.4.1; hal; 66 )

Angin Arah Y

$$\begin{aligned} p \text{ tekan} &= \left[ q_z \times G \times C_{pt} \right] - \left[ q_z \times \left( G_{cpi} \right) \right] \\ &= 74.50 \times 0.85 \times 0.80 - 74.50 \times 0.18 \\ &= 50.7 \text{ N/m}^2 \rightarrow 5.07 \text{ kg/m}^2 \\ p \text{ hisap} &= \left[ q_h \times G \times C_{ph} \right] - \left[ q_h \times \left( G_{cpi} \right) \right] \\ &= 74.50 \times 0.85 \times -0.50 - 74.50 \times 0.18 \\ &= -31.7 \text{ N/m}^2 \rightarrow 3.17 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

### **Beban Angin di distribusikan merata pada kolom**

**Angin Arah X**

- Kolom tepi line A & D

$$\begin{aligned} W \text{ tekan} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} & W \text{ hisap} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= 3 \times 5.07 & &= 3 \times 1.27 \\ &= 15.20 \text{ kg/m} & &= 3.80 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Kolom tepi line B

$$\begin{aligned} W \text{ tekan} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} & W \text{ hisap} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= 1.2 \times 5.07 & &= 1.2 \times 1.27 \\ &= 6.08 \text{ kg/m} & &= 1.52 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Kolom tengah line C

$$\begin{aligned} W \text{ tekan} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= [3 + 1.2] \cdot 5.07 \\ &= 21.28 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ hisap} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= [3 + 1.2] \cdot 1.27 \\ &= 5.32 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### **Angin Arah Y**

- Kolom tepi Angin Arah Y

$$\begin{aligned} W \text{ tekan} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= [1.5 + 3.6] \cdot 5.07 \\ &= 25.84 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ hisap} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= [1.5 + 3.6] \cdot 3.17 \\ &= 16.15 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Kolom tengah Angin Arah Y

$$\begin{aligned} W \text{ tekan} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= [3.6 + 3.6] \cdot 5.07 \\ &= 36.48 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ hisap} &= \text{Lebar bidang} \times P \text{ tekan} \\ &= [3.6 + 3.6] \cdot 3.17 \\ &= 22.80 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

#### 4.5 Kontrol Drift

Faktor Keutamaan Gempa ( $I_E$ ) = 1.25 (Kategori III)

Koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 3.50

Faktor pembesaran Defleksi ( $C_d$ ) = 3 (SNI 1726-2002; Tabel 9;C.4)

Simpangan antar lantai ijin = 0.015 h

Simpangan Antar Lantai Arah X                      Simpangan Antar Lantai Arah Y

$$\begin{aligned} \text{ex Atap} &= dx \text{ lantai 5} - dx \text{ lantai 4} & \text{ey Atap} &= dx \text{ lantai 5} - dx \text{ lantai 4} \\ &= 11.58 - 9.91 & &= 10.97 - 8.97 \\ &= 1.67 \text{ mm} & &= 2.01 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.26 Simpang horizontal struktur

Lantai	Tinggi lantai	Simpangan Struktur		Simpangan Antar Lantai	
		Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
		dx	dy	ex	ey
	mm	mm	mm	mm	mm
5	4000	11.58	10.97	1.67	2.01
4	4000	9.91	8.97	2.71	2.83
3	4000	7.19	6.13	3.65	3.46
2	4000	3.55	2.67	3.55	2.67
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dimana :

$dx$  = Simpangan struktur arah x       $x$  = Simpangan antar lantai arah x

$dy$  = Simpangan struktur arah y       $y$  = Simpangan antar lantai arah y

**Defleksi arah x Lantai 2**

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 3.55 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} 2x &= \frac{C_d \cdot e_2}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 3.55}{1.25} = 8.51 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.015 \cdot h \\ &= 0.015 \cdot 4000 \\ &= 60.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 2x \leq a \\ &= 8.51 \leq 60.000 \text{ .. OK!} \end{aligned}$$

**Defleksi arah y Lantai 2**

$$\text{Lantai 2} = e_2 = 2.67 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} 2y &= \frac{C_d \cdot e_2}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 2.67}{1.25} = 6.41 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= 0.015 \cdot h \\ &= 0.015 \cdot 4000 \\ &= 60.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 2y \leq a \\ &= 6.41 \leq 60.000 \text{ .. OK!} \end{aligned}$$

**Defleksi arah x Lantai 3**

$$\text{Lantai 3} = e_{3x} = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{Lantai 2} = e_{2x} = 3.55 \text{ mm}$$

$$2 = (e_4 - e_3) = 0.100 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} x_3 &= \frac{C_d \cdot e_{3x}}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 3.647}{1.25} = 8.75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3x &= \frac{C_d \cdot (e_3 - e_2)}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 0.100}{1.25} = 0.24 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Defleksi arah y Lantai 3**

$$\text{Lantai 3} = e_{3y} = 3.46 \text{ mm}$$

$$\text{Lantai 2} = e_{2y} = 2.67 \text{ mm}$$

$$2 = (e_4 - e_3) = 0.79 \text{ mm}$$

Perpindahan yang di perbesar

$$\begin{aligned} x_3 &= \frac{C_d \cdot (e_{3y})}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 3.463}{1.25} = 8.31 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3y &= \frac{C_d \cdot (e_3 - e_2)}{I_E} \\ &= \frac{3 \cdot 0.794}{1.25} = 1.906 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= 0.015 \cdot h \\ &= 0.015 \cdot 4000 \\ &= 60.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \delta_1 \leq a \\ &= 0.24 \leq 60.000 \text{ .. OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_3 &= 0.015 \cdot h \\ &= 0.015 \cdot 4000 \\ &= 60.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_3 &= \delta_1 \leq a \\ &= 1.91 \leq 60.000 \text{ .. OK!} \end{aligned}$$

Tabel 4.27 Kontrol simpang antar lantai

Lantai	Tinggi lantai	Perpindahan elastis		Perpindahan diperbesar		Simpangan antar lantai tingkat desain ( )		Simpangan antar lantai yang di izinkan		
		ex	ey	x	y	x	y	a	< a	
								0.015 h		
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	x < a	y < a
5	4000	1.67	2.01	4.02	4.82	-2.49	-1.98	60.00	Aman!	Aman!
4	4000	2.71	2.83	6.51	6.80	-2.24	-1.51	60.00	Aman!	Aman!
3	4000	3.65	3.46	8.75	8.31	0.24	1.91	60.00	Aman!	Aman!
2	4000	3.55	2.67	8.51	6.41	8.51	6.41	60.00	Aman!	Aman!
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Aman!	Aman!

## 4.6 Perhitungan Penampang Balok Komposit

### 4.6.1 Perhitungan Balok Induk WF 400x200x8x13

Hasil Output dari program Etabs (1117)

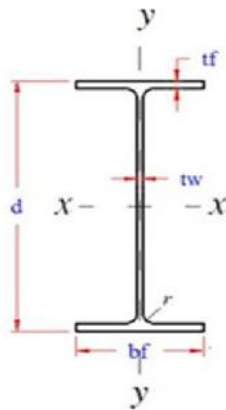
$$M_{u(+)} = 20847.45 \text{ kgm}$$

$$M_{u(-)} = 25826.06 \text{ kgm}$$

$$V_u = 25826.06 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f'_c}$   
 $: 4700 \sqrt{25}$   
 $: 23500 \text{ MPa}$

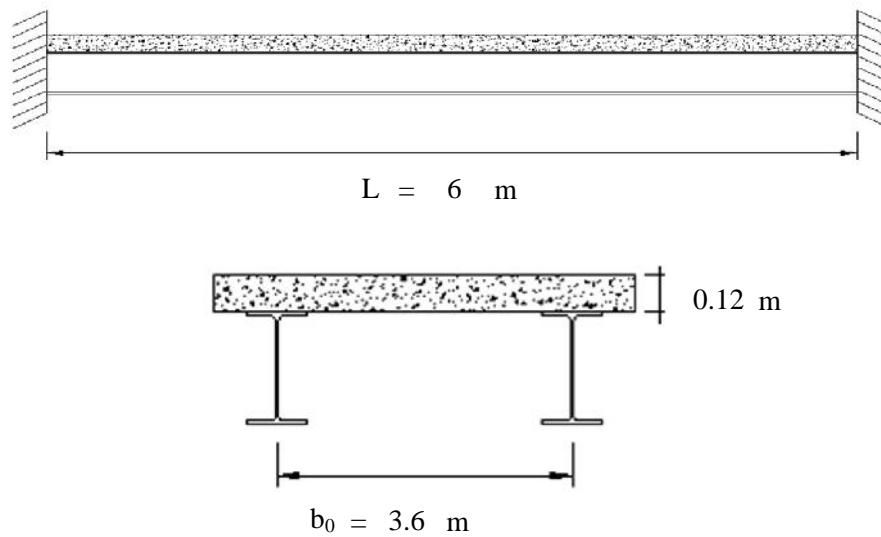
Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 400 \text{ mm}$	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$I_y = 1740 \text{ cm}^4$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_x = 16.8 \text{ cm}$
$t_f = 13 \text{ mm}$	$i_y = 4.54 \text{ cm}$
$r = 16 \text{ mm}$	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
$A_g = 84.10 \text{ cm}^2$	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
$w = 66 \text{ kg/m}$	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$





Gambar 4.2 Panjang bentang & jarak  $b_0$  (1117)

**- Lebar Efektif balok komposit**

Panjang Balok ( $L$ ) = 600 cm

- Untuk balok Interior

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{600}{4} = 150 \text{ cm}$$

$$b_0 = 3.6 \text{ m} = 360 \text{ cm}$$

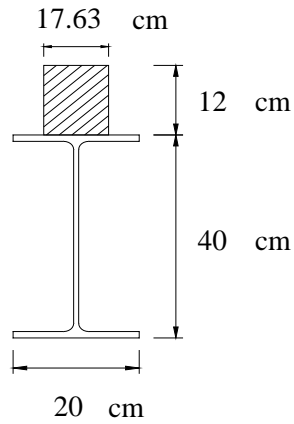
diambil yang terkecil, maka  $b_e = 150 \text{ cm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{150}{8.511} = 17.63 \text{ cm}$$

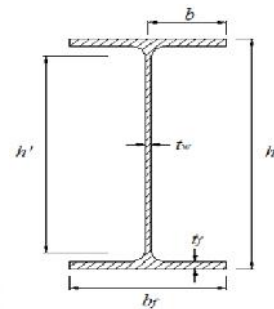
Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.3 Pelat beton di transformasi ke penampang baja

$h$  = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius  
sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h' &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 400 - 13 - (2 \cdot 16) \\ &= 355 \text{ mm} \end{aligned}$$



#### Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{b}{t_f} = \frac{100}{13} = 7.69 < \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.97 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

#### Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \lambda_w &= \frac{h'}{t_w} = \frac{355}{8} = 44.4 < \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.54 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

### Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 45,4 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ &= 2306,63 \text{ mm} \rightarrow 2,31 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}$$

- Konstanta torsi

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + h - t_w \right]^3 \\ &= \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot 200 \cdot 13^3 + 400 - 8 \right]^3 \\ &= 361200 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$c = 1$$

$h_o$  = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$\begin{aligned} &= d - t_f \\ &= 400 - 13 \\ &= 387 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{17400000 \cdot 387}{2 \cdot 1190000}$$

$$r_{ts}^2 = 2829$$

$$r_{ts} = 53.19 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 53.19 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387} + \sqrt{\left(\frac{361200 \cdot 1}{1190000 \cdot 387}\right)^2 + 6.76 \cdot \left(\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right)^2}}$$

$$= 123480.09 \cdot \sqrt{0.00078 + \sqrt{0.000000615 + 0.000004770}}$$

$$= 123480.09 \cdot \sqrt{0.00078 + \sqrt{0.000005385}}$$

$$= 123480.09 \cdot \sqrt{0.00078 + 0.00232}$$

$$= 123480.09 \cdot \sqrt{0.00310}$$

$$= 6880.48 \text{ mm} \rightarrow 6.88 \text{ m}$$

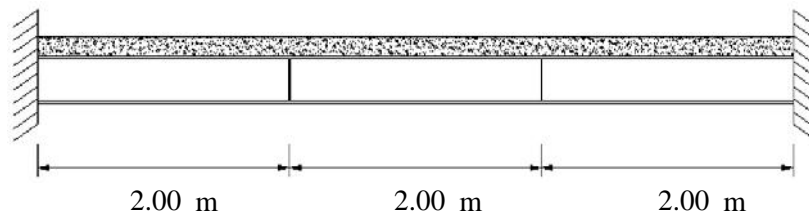
$$\text{Maka } L > L_p < L_r$$

$$6 > 2.31 < 6.88$$

Tidak Kompak!

Direncanakan dalam kondisi penampang kompak

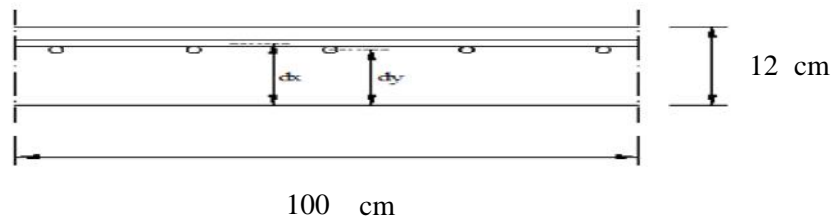
maka diberi pengaku lateral pada jarak  $\leq L_p = 2.00 \text{ m}$



Gambar 4.4 Jarak pengaku WF 400x200x8x13

### A. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Negatif)

- Perhitungan penulangan
- Perhitungan tinggi efektif pelat lantai



Tebal selimut beton (p) = 20 mm

Ø Tulangan utama = 10 mm

tebal plat lantai (h) = 120 mm

- Tinggi efektif (d) arah x :

$$\begin{aligned} dx &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 \\ &= 95.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif (d) arah y :

$$\begin{aligned} dy &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} - \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 - 10 \\ &= 85.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan momen pada pelat lantai

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3.6}{3} = 1.20 \quad (\text{Maka digunakan Pelat Dua Arah})$$

#### Beban terfaktor:

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L \\ &= 1.2 \cdot 460 + 1.6 \cdot 479 \end{aligned}$$

$$= 1318.40 \text{ Kg/m}^2$$

Dengan mengetahui nilai  $L_y/L_x$  maka dapat ditentukan nilai  $M_{lx}$ ,  $M_{ly}$ ,  $M_{tx}$ ,  $M_{ty}$  yaitu:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 1318.40 \cdot 3^2 \cdot 46 \\ &= -546 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 1318.40 \cdot 3^2 \cdot 38 \\ &= -451 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Penulangan arah x (penulangan tumpuan $M_{tx}$ )

diketahui:

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 95.0 \text{ mm}$$

$$M_{tx} = 545.8 \text{ kg.m} = 5458176 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen nominal} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{5458176}{0.9} = 6064640.0 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right] \\ &= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95}{240} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 6064640.0}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2}} \right] \\ &= 270.34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \min} &= 0.002 \cdot b \cdot h \\
&= 0.002 \cdot 1000 \cdot 120 \\
&= 240 \text{ mm}^2 \\
1 &= 0.85 \rightarrow f'c' = < 28 \text{ MPa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_{s \max} &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f'c' \cdot 1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\
&= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 95 \\
&= 3830.2 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_s = 270.34 \text{ mm}^2 &> A_{s \min} = 240 \text{ mm}^2 \\
&< A_{s \max} = 3830.2 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

$$\text{Maka digunakan tulangan } A_s = 270.34 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan = Ø 10

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{78.5 \cdot 1000}{270.34} = 290.4 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Kontrol:

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{78.5 \cdot 1000}{200} = 392.5 \text{ mm}^2 > 270 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

jadi, digunakan tulangan Ø 10 - 200 mm

Syarat jarak maksimum tulangan plat:

$$3h = 3 \cdot 120 = 360 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan tarik dalam  $b_e$  lebar Beton

$$= \frac{1500}{200} = 7.50 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 8 \\ &= 78.5 \cdot 8 = 628.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned} C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 8410.0 \cdot 240 \\ &= 2018400.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned} T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 628.0 \cdot 240 \\ &= 150720.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena gaya tarik beton diabaikan, maka garis netral plastis berada di profil baja

Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} T_{sr} + T_s &= C_{smax} - T_s \\ 2 T_s &= C_{smax} - T_{sr} \\ 2 T_s &= 2018400.0 - 150720.0 \\ 2 T_s &= 1867680.0 \\ T_s &= \frac{1867680.0}{2} = 933840 \text{ N} \end{aligned}$$

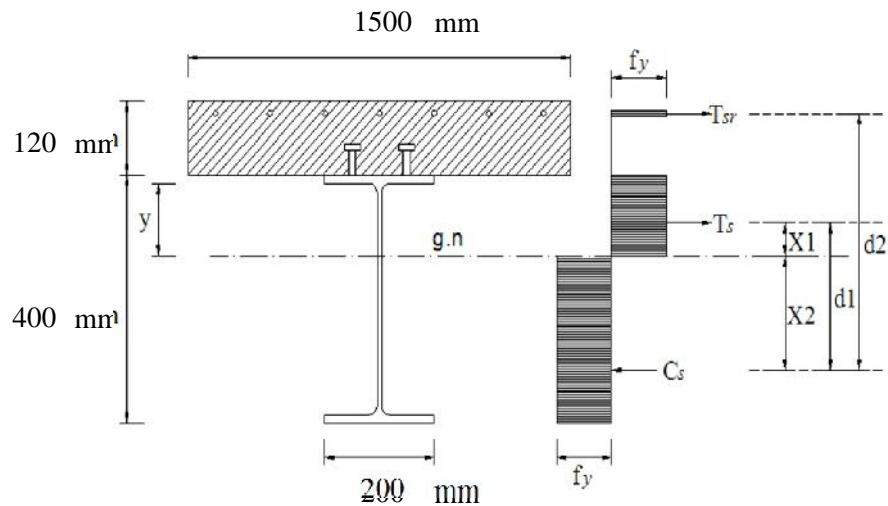


Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{933840}{240 \cdot 200}$$

$$= 19.46 \text{ mm} > t_f = 13 \text{ mm}$$

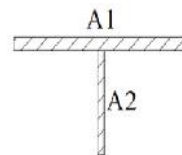
maka garis netral jatuh di web baja



Gambar 4.5 Diagram tegangan plastis daerah momen negatif (1117)

Mencari Luasan  $T_s$

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 13 \\ &= 2600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= y \cdot 8 \\ &= 8 y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 2600 + 8 y \\ &= 8 y + 2600 \end{aligned}$$

### Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan  $C_s$

$$A_1 = b_f \cdot t_f$$

$$= 200 \cdot 13$$

$$= 2600 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = ((d - 2 \cdot t_f) - y) \cdot t_w$$

$$= ((400 - 2 \cdot 13) - y) \cdot 8$$

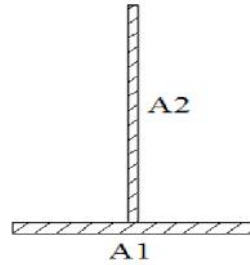
$$= (374 - y) \cdot 8$$

$$= 2992 - 8y$$

$$A_s' = A_1 + A_2$$

$$= 2600 + 2992 - 8y$$

$$= 5592 - 8y$$



$$C_s = T_{sr} + T_s$$

$$(5592 - 8y) \cdot 240 = 150720 + (8y + 2600) \cdot 240$$

$$1342080 - 1920y = 150720 + 1920y + 624000$$

$$1342080 - 1920y = 774720 + 1920y$$

$$1342080 - 774720 = 1920y + 1920y$$

$$567360.0 = 3840y$$

$$y = \frac{567360.0}{3840} = 147.75 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja  $T_s$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= (8 \cdot y + 2600) \cdot f_y$$

$$= (8 \cdot 147.75 + 2600) \cdot 240$$

$$= 907680.0 \text{ N}$$

Maka gaya tekan baja  $C_s$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_{s'} \cdot f_y \\
 &= (5592 - 8 \cdot y) \cdot f_y \\
 &= (5592 - 8 \cdot 147.75) \cdot 240 \\
 &= 1058400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol:  $C_s = T_s + T_{sr}$

$$\begin{aligned}
 1058400 &= 907680.0 + 150720 \\
 1058400 &= 1058400 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow T_s$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= y \cdot t_w & A_{s'} &= A_1 + A_2 \\
 &= 147.75 \cdot 8 & &= 2600 + 1182.00 \\
 &= 1182.00 \text{ mm}^2 & &= 3782.00 \text{ mm}^2 \\
 Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f & Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\
 &= 147.75 + \frac{1}{2} \cdot 13 & &= \frac{1}{2} \cdot 147.75 \\
 &= 154.25 \text{ mm} & &= 73.88 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka titik berat  $T_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(2600 \cdot 154.25) + (1182.00 \cdot 73.88)}{2600 + 1182.00} \\
 X1 &= 129.13 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow C_s$$

$$A2 = (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w$$

$$= (400 - 2 \cdot 13 - 147.75) \cdot 8$$

$$= 1810 \text{ mm}^2$$

$$Y1 = d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f)$$

$$= (400 - 13 - 147.75 - (\frac{1}{2} \cdot 13))$$

$$= 232.75 \text{ mm}$$

$$Y2 = \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (400 - (2 \cdot 13) - 147.75)$$

$$= 113.13 \text{ mm}$$

$$\text{Maka titik berat } C_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$$

$$= \frac{(2600 \cdot 232.75) + (1810.00 \cdot 113.1)}{2600 + 1810.0}$$

$$X2 = 183.65 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$d1 = X1 + X2$$

$$= 129.13 + 183.65$$

$$= 312.78 \text{ mm}$$

$$d2 = X2 + y + t_f + d_x$$

$$= 183.65 + 147.75 + 13 + 95$$

$$= 439.40 \text{ mm}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$M_n = T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2$$

$$= 907680 \cdot 312.8 + 150720 \cdot 439.40$$

$$= 350133000.00 \text{ Nmm} \rightarrow 35013.30 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= 0.9 \cdot 35013.30 \\ &= 31511.97 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

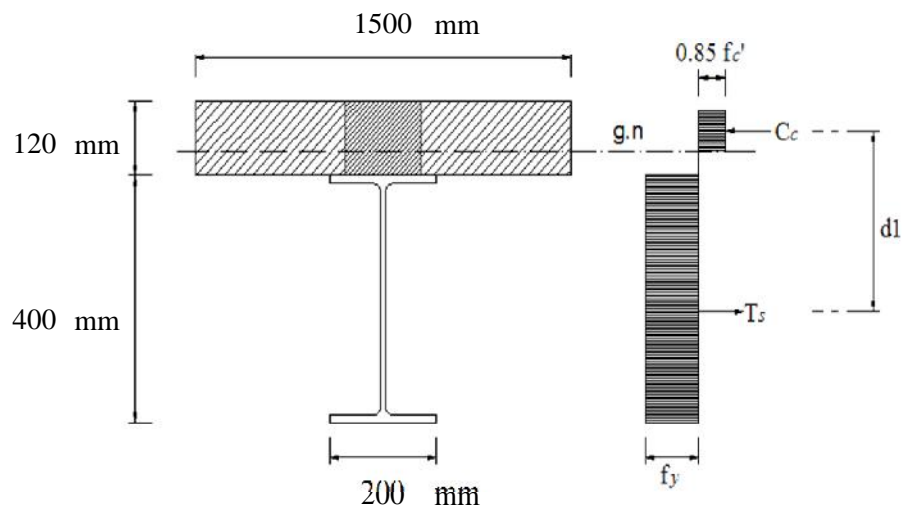
$$31511.97 > 25826.06 \text{ ..... Ok!}$$

**B. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Positif)**

Mencari letak garis netral plastis, Sehingga:

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e} \\ &= \frac{8410 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 1500} \\ &= 63.32 < t_s \\ a &< t_s \end{aligned}$$

63.32 < 120 .....Maka garis netral jatuh d Pelat



Gambar 4.6 Diagram tegangan plastis daerah momen positif (1117)

**- Nilai tekan pada beton**

$$\begin{aligned} C_c &= 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot a \cdot 1500 \\ &= 31875.00 \cdot a \text{ N} \end{aligned}$$

**- Nilai tekan pada profil baja**

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= 8410.0 \cdot 240 \\ &= 2018400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{2018400}{31875.00} = 63.32 \text{ mm} & C &= 31875.00 \cdot 63.32 \\ & & &= 2018400 \text{ N} \end{aligned}$$

**- Maka keseimbangan gayanya:**

$$\begin{aligned} C_c &= T_s & C_c &= 31875.00 \cdot a \\ 31875.00 \cdot a &= 2018400 & &= 31875.00 \cdot 63.32 \\ & & &= 2018400.0 \text{ N} \\ a &= \frac{2018400}{31875.00} \\ &= 63.32 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka Kuat Lentur nominal

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot d_l = A_s \cdot f_y \cdot \left[ \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right] \\ &= 8410.0 \cdot 240 \cdot \left[ \frac{400}{2} + 120 - \frac{63.32}{2} \right] \\ &= 581983081.41 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 58198.31 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

### Kuat Lentur Rencana

$$\begin{aligned} M_n &= 0.9 \cdot 58198.31 \\ &= 52378.48 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$52378.48 > 20847.45 \quad \text{Ok}$$

### Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector*  $\frac{1}{2}$ " x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned} V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot 1500 \cdot 120 \\ &= 3825000.00 \text{ N} \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned} V_h &= f_y \cdot A_s \\ &= 240 \cdot 8410 \\ &= 2018400.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $V_h = 2018400 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 13 = 33 \text{ mm} > \frac{1}{2}" = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\
 &= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\
 &= 48567.53 \text{ N} > 46889.31 \text{ N} \\
 Q_n &= 46889.31 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 120 = 960 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{2018400}{46889.31} = 43.05 \approx 44 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 44 stud untuk ½ bentang balok, atau 88 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{6000.00}{88 / 2} = 136 \text{ mm} < 960 \text{ mm} \text{ (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 136 mm

### **Menghitung Kuat geser Penampang**

- Luas badan Web

$$\begin{aligned}
 A_w &= ((d - 2 \cdot (t_f + r_o)) \cdot t_w \\
 &= ((400 - 2 \cdot (13 + 16)) \cdot 8 \\
 &= 2736.0 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



- Kuat geser Penampang

$$C_v = \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2736.0 \cdot 1.0 \\ &= 393984.00 \text{ N} \rightarrow 39398.40 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\begin{aligned} V_n &= 0.90 \cdot 39398.40 \\ &= 35458.56 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$35458.56 > 25826.060 \quad \text{Ok}$$

- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014} \quad f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal las rencana} = 8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \cdot 506) \\ &= 1287.87 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$\begin{aligned} K &= \cdot d \\ &= \cdot 12.7 \\ &= 39.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

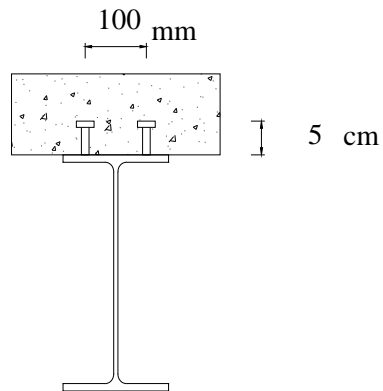
Las sekeliling shear konektor

$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{46889.31}{39.9} = 1174.75 \text{ N/mm}$$

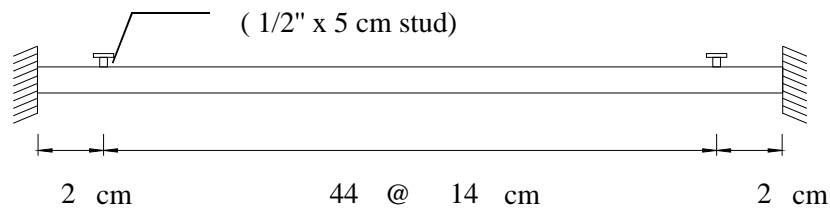
Syarat :

$$R_{nw} > R_u$$

$$1287.87 \text{ N} > 1174.75 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Letak stud pada penampang melintang profil



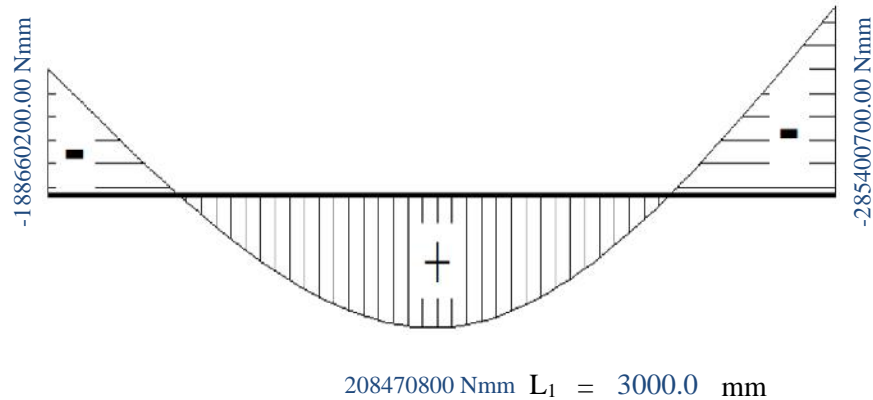
Gambar 4.7 Letak stud pada profil WF 400x200x8x13

- **Kontrol lendutan**

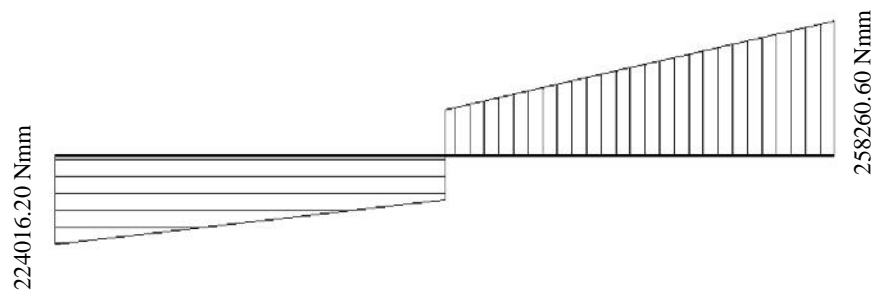
Lendutan yang diijinkan

$$= \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 6000 = 16.67 \text{ mm}$$

Besar lendutan yang terjadi (dihitung menggunakan metode momen area) sebagai berikut :



Gambar 4.8 Bidang momen (1117) akibat kombinasi beban 2



Gambar 4.9 Bidang geser (1117) akibat kombinasi beban 2

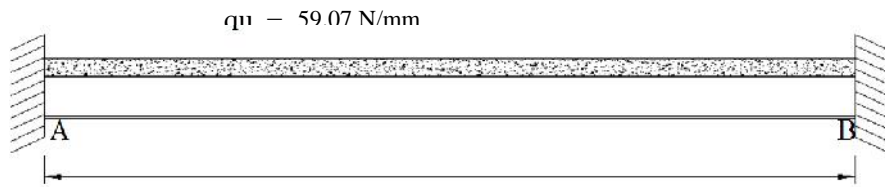
Pembebanan pada balok

$$q_d = 26.23 \text{ N/mm}$$

$$q_l = 17.24 \text{ N/mm}$$

• *Beban merata terfaktor ( $q_u$ ) :*

$$\begin{aligned} 1.2 D + 1.6 L &= 1.20 \cdot 26.23 + 1.60 \cdot 17.24 \\ &= 59.07 \text{ N/mm} \end{aligned}$$



6000

Gambar 4.10 Beban merata (1117) akibat beban terfaktor

Menentukan jarak bidang momen (dari A ke momen nol)

Dimana < 6000 mm

$$\begin{aligned}
 M_0 &= R_a \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x + M_a \\
 &= 224016.2 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 59.07 \cdot x^2 + -188660200 \\
 &= -29.54 \cdot x^2 + 224016.2 \cdot x - 188660200
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai  $x$  :

$$x_{a,b} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x_{a,b} = \frac{-224016.2 \pm \sqrt{224016.2^2 - 4 \cdot (-29.54) \cdot (-188660200)}}{2 \cdot (-29.54)}$$

$$x_{a,b} = \frac{-224016.2 \pm \sqrt{27894262657.72}}{-59.07}$$

$$x_a = \frac{-224016.2 + 167015.76}{-59.07}$$

$$= 1314.93 \text{ mm} < 6000 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}$$

$$x_b = \frac{-224016.2 - 167015.76}{-59.07}$$

$$= 6969.60 \text{ mm} > 6000 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)}$$

Maka  $X_1 = 1314.93 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 X_2 &= L_1 - X_1 \\
 &= 3000 - 1314.93 \\
 &= 1685.07 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_2 &= L - L_1 \\
 &= 6000 - 3000 \\
 &= 3000 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan jarak bidang momen (dari B ke momen nol)

Dimana  $x < 6000 \text{ mm}$

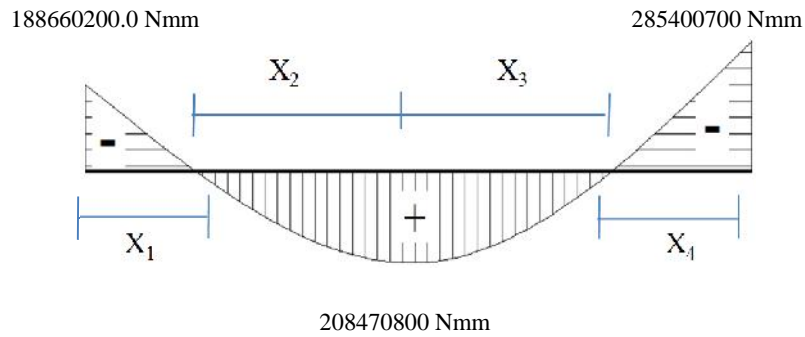
$$\begin{aligned}
 M_0 &= -R_b \cdot x + q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x - M_b \\
 &= -258260.6 \cdot x + \frac{1}{2} \cdot 59.07 \cdot x^2 - -285400700.0 \\
 &= 29.54 \cdot x^2 + -258260.6 \cdot x - 285400700.0
 \end{aligned}$$

Menghitung nilai  $x$  :

$$\begin{aligned}
 x_{a,b} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\
 x_{a,b} &= \frac{258260.6 \pm \sqrt{-2.58E+05^2 - 4 \cdot 29.54 \cdot -285400700.0}}{2 \cdot 29.54} \\
 x_{a,b} &= \frac{258260.6 \pm \sqrt{32980271371.84}}{59.07} \\
 x_a &= \frac{258260.6 + 181604.71}{59.07} \\
 &= 7796.28 \text{ mm} > 6000 \text{ mm} \quad \textbf{(Tidak Memenuhi)} \\
 x_b &= \frac{258260.6 - 181604.71}{59.07} \\
 &= 1647.67 \text{ mm} < 6000 \text{ mm} \quad \textbf{(Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

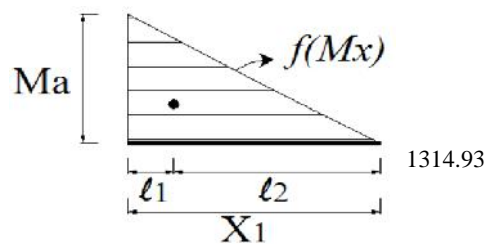
Maka  $X_4 = 1647.67 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 X_3 &= L_2 - X_4 \\
 &= 3000 - 1647.67 \\
 &= 1352.33 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.11 Bidang momen (1117)

- 1) Menentukan Gaya A1 dan titik berat terhadap A1



Gambar 4.12 Bidang momen (1117) untuk mencari gaya A1

$$M_x = R_a \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x + M_a$$

$$A1 = \int f(Mx) dx$$

$$= \int_{1314.93}^{0.0} \left( R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a \right) dx$$

$$= \int_{1314.93}^{0.0} \left( R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a \right) dx$$

$$= \frac{1}{1+1} R_a \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_a \cdot x^{0+1} \Big|_{1314.93}^0$$

$$= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \frac{1}{1} M_a \cdot x \Big|_{1314.93}^0$$

$$= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + M_a \cdot x \Big|_{1314.93}^0$$

$$= \left( \frac{1}{2} \times 224016.2 (0.0)^2 - \frac{1}{6} \times 59.07 (0.0)^3 + -188660200 (0.0)^1 \right) - \left( \frac{1}{2} \times 224016.2 (1314.93)^2 - \frac{1}{6} \times 59.07 (1314.93)^3 + -188660200 (1314.93)^1 \right)$$

$$= 0.00 - -7.68\text{E}+10$$

$$= 76792055490.98 \quad \text{Nmm}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

$$A_1 \quad \ell_1 = x \text{ (MX)}$$

$$A_1 \quad \ell_1 = \int x \, dx \text{ (MX)}$$

$$\begin{aligned} \ell_1 &= \int_{1314.93}^{0.0} x \left( Ra \cdot x - \frac{1}{2} qx^2 + Ma \right) dx \\ &= \int_{1314.93}^{0.0} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + Ma \cdot x^1 \\ &= \frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} Ma \cdot x^{1+1} \Bigg|_{1314.93}^0 \\ &= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} Ma \cdot x^2 \Bigg|_{1314.93}^0 \\ &= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} Ma \cdot x^2 \Bigg|_{1314.93}^0 \\ &= \left( \frac{1}{3} \times 224016 (0.0)^3 - \frac{1}{8} \times 59.07 (0.0)^4 + \frac{1}{2} \times -1.89\text{E}+08 (0.0)^2 \right) \\ &\quad - \left( \frac{1}{3} \times 224016 (1314.93)^3 - \frac{1}{8} \times 59.07 (1314.93)^4 + \frac{1}{2} \times -2\text{E}+08 (1314.93)^2 \right) \end{aligned}$$

$$= 0.00\text{E}+00 - -1.54\text{E}+13$$

$$= 15403243600947.70 \quad \text{Nmm}$$

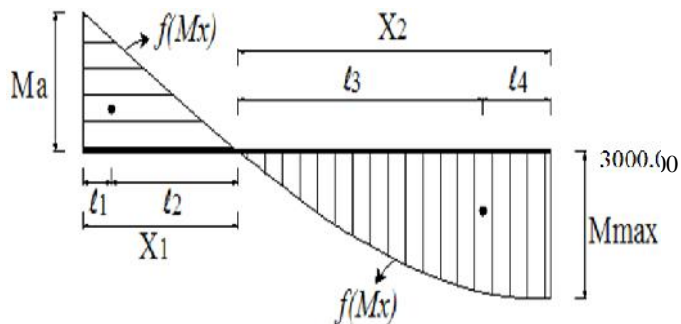
$$76792055490.98 \quad \ell_1 = 15403243600947.70$$

$$\ell_1 = 200.58 \text{ mm}$$

$$\ell_2 = X_1 - \ell_1$$

$$\begin{aligned}
 &= 1314.93 - 200.58 \\
 &= 1114.35 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

2) Menentukan Gaya A2 dan titik berat terhadap A2



Gambar 4.13 Bidang momen 1117 untuk mencari gaya A2

$$M_x = R_a \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x + M_a$$

$$A_2 = \int M_x dx$$

$$\begin{aligned}
 &= \int_{1314.93}^{3000.00} \left( R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a \right) dx \\
 &= \int_{1314.93}^{3000.00} \left( R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a \right) dx \\
 &= \frac{1}{1+1} R_a \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_a \cdot x^{0+1} \Big|_{1314.93}^{3000.00} \\
 &= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \frac{1}{1} M_a \cdot x \Big|_{1314.93}^{3000.00} \\
 &= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + M_a \cdot x \Big|_{1314.93}^{3000.00} \\
 &= \left( \frac{1}{2} x^{224016.2} (3000)^2 - \frac{1}{6} x^{59.07} (3000)^3 + -1.89E+08 (3000) \right) \Big|_{1314.93}^{3000.00}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& - \left[ \frac{1}{2} \times 224016.2 (1314.93)^2 - \frac{1}{6} \times 59.072 (1314.93)^3 + -188660200 (1314.93)^1 \right] \\
& = 1.76\text{E}+11 - -7.68\text{E}+10 \\
& = 253061255490.98 \quad \text{Nmm}
\end{aligned}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

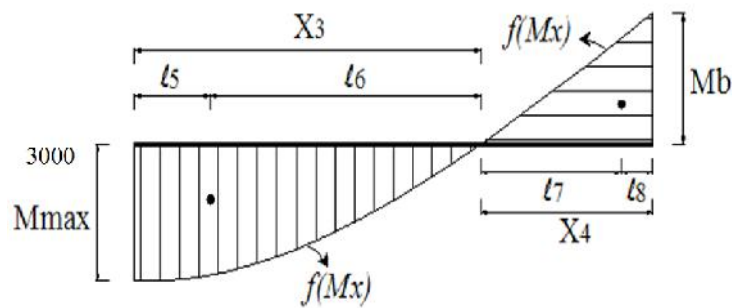
$$A_2 \ell = x \text{ (MX)}$$

$$A_2 \ell = \int x \text{ (N(MX))}$$

$$\begin{aligned}
A_2 \ell &= \int_{1314.93}^{3000} x \left( Ra \cdot x - \frac{1}{2} qx^2 + Ma \right) dx \\
&= \int_{1314.93}^{3000} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + Ma \cdot x^1 \\
&= \frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} Ma \cdot x^{1+1} \bigg|_{1314.93}^{3000} \\
&= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} Ma \cdot x^2 \bigg|_{1314.93}^{3000} \\
&= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} Ma \cdot x^2 \bigg|_{1314.93}^{3000} \\
&= \left[ \frac{1}{3} \times 224016 (3000)^3 - \frac{1}{8} \times 59.07 (3000)^4 + \frac{1}{2} \times -1.89\text{E}+08 (3000)^2 \right] \\
&\quad - \left[ \frac{1}{3} \times 224016 (1314.93)^3 - \frac{1}{8} \times 59.07 (1314.93)^4 + \frac{1}{2} \times -2\text{E}+08 (1314.93)^2 \right] \\
&= 5.69\text{E}+14 - -1.54\text{E}+13 \\
&= 584476168600947.00 \quad \text{Nmm} \\
253061255490.98 \ell &= 584476168600947.00 \\
&= 2309.6 \text{ mm} \\
\ell_3 &= \ell - X_1 \\
&= 2309.62 - 1314.93
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 994.69 \text{ mm} \\
 \ell_4 &= X_2 - \ell_3 \\
 &= 1685.07 - 994.69 \\
 &= 690.38 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3) Menentukan Gaya A3 dan titik berat terhadap A3



Gambar 4.14 Bidang momen 1117 untuk mencari gaya A3

$$\begin{aligned}
 M_x &= -R_b \cdot x + q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x - M_b \\
 A_3 &= \int f(Mx) dx \\
 &= \int_{3000.00}^{1647.7} \left( -R_b \cdot x + \frac{1}{2} q x^2 - M_b \right) dx \\
 &= \int_{3000}^{1647.67} \left( -R_b \cdot x + \frac{1}{2} q x^2 - M_b \right) dx \\
 &= \left[ \frac{-1}{1+1} R_b \cdot x^{1+1} + \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_b \cdot x^{0+1} \right]_{3000.00}^{1647.67} \\
 &= \left[ \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} q x^3 - \frac{1}{1} M_b \cdot x \right]_{3000}^{1647.67} \\
 &= \left[ \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} q x^3 - M_b \cdot x \right]_{3000}^{1647.67} \\
 &= \left( \frac{-1}{2} x 258260.6 (1647.7)^2 + \frac{1}{6} x 59.07 (1647.7)^3 - -285400700 (1647.7) \right) - \left( \frac{-1}{2} x 258260.6 (3000)^2 + \frac{1}{6} x 59.07 (3000)^3 - -285400700 (3000) \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left[ \frac{-1}{2} x 258260.6 (3000.0)^2 + \frac{1}{6} x 59.07 (3000.0)^3 - \frac{1}{2} (-285400700) (3000.0) \right] \\
& = 1.64E+11 - -4.01E+10 \\
& = 203867647241.25 \quad \text{Nmm}
\end{aligned}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

$$A_3 \ell = x \text{ (MX)}$$

$$A_3 \ell = \int x \cdot h(\text{MX})$$

$$\begin{aligned}
A_3 \ell &= \int_{3000.00}^{1647.67} x \left( -Rb \cdot x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - Mb \cdot x \right) dx \\
&= \int_{3000.00}^{1647.67} -Rb \cdot x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - Mb \cdot x^1 \\
&= \left[ \frac{-1}{2+1} Rb \cdot x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} Mb \cdot x^{1+1} \right] \bigg|_{3000.00}^{1647.67} \\
&= \left[ \frac{-1}{3} Rb x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} Mb \cdot x^2 \right] \bigg|_{3000}^{1647.67} \\
&= \left[ \frac{-1}{3} Rb x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} Mb \cdot x^2 \right] \bigg|_{3000}^{1647.67} \\
&= \left[ \frac{-1}{3} x 258261 (1647.7)^3 + \frac{1}{8} x 59.07 (1647.7)^4 - \frac{1}{2} (-2.85E+08) (1647.67)^2 \right] \\
&\quad - \left[ \frac{-1}{3} x 258261 (3000.0)^3 + \frac{1}{8} x 59.07 (3000.0)^4 - \frac{1}{2} (-285400700) (3000.00) \right] \\
&= 5.67E+13 - -4.42E+14 \\
&= 498689779138934.00 \quad \text{Nmm}
\end{aligned}$$

$$203867647241.25 \ell = 498689779138934$$

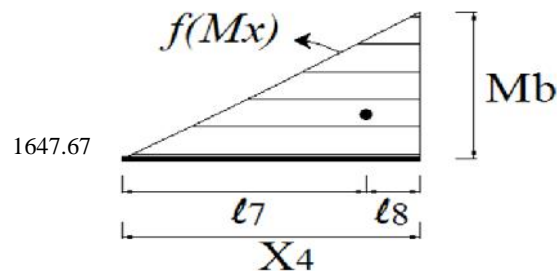
$$= 2446.14 \text{ mm}$$

$$\ell_6 = \ell - X_4$$

$$= 2446.14 - 1647.67$$

$$\begin{aligned}
 &= 798.47 \text{ mm} \\
 \ell_5 &= X_3 - \ell_6 \\
 &= 1352.33 - 798.47 \\
 &= 553.86 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4) Menentukan Gaya A4 dan titik berat terhadap A4



Gambar 4.15 Bidang momen 1117 untuk mencari gaya A4

$$\begin{aligned}
 M_x &= -R_b \cdot x + q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x - M_b \\
 A4 &= \int f(Mx) dx \\
 &= \int_{0.0000}^{1647.67} \left( -R_b \cdot x + \frac{1}{2} q x^2 - M_b \right) dx \\
 &= \int_{0.00}^{1647.67} \left( -R_b \cdot x + \frac{1}{2} q x^2 - M_b \right) dx \\
 &= \left[ \frac{-1}{1+1} R_b \cdot x^{1+1} + \frac{1}{2+1} q x^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_b \cdot x^{0+1} \right]_{0.00}^{1647.67} \\
 &= \left[ \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} q x^3 - \frac{1}{1} M_b \cdot x \right]_{0}^{1647.67} \\
 &= \left[ \frac{-1}{2} R_b x^2 + \frac{1}{6} q x^3 - M_b \cdot x \right]_{0}^{1647.67} \\
 &= \left( \frac{-1}{2} \times 258260.6 (1647.7)^2 + \frac{1}{6} \times 59.07 (1647.7)^3 - -2.85E+08 (1647.7) \right) \\
 &\quad - \left( \frac{-1}{2} \times 258260.6 (0.0)^2 + \frac{1}{6} \times 59.07 (0.0)^3 - -285400700 (0.0) \right)
 \end{aligned}$$

$$= 1.64\text{E}+11 - 0.00\text{E}+00$$

$$= 163720147241.25 \quad \text{Nmm}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

$$A_4 \ell_8 = x \text{ (MX)}$$

$$A_4 \ell_8 = \int x \text{ (MX)}$$

$$A_3 \ell = \int_{0.00}^{164747.7} x \left( -Rb \cdot x + \frac{1}{2} qx^2 - Mb \right) dx$$

$$= \int_{0.00}^{164767.67} -Rb \cdot x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - Mb \cdot x^1$$

$$= \left. \frac{-1}{2+1} Rb \cdot x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} Mb \cdot x^{1+1} \right|_{0.00}^{1647.67}$$

$$= \left. \frac{-1}{3} Rb \cdot x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} Mb \cdot x^2 \right|_{0.00}^{1647.67}$$

$$= \left. \frac{-1}{3} Rb \cdot x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} Mb \cdot x^2 \right|_{0.00}^{1647.67}$$

$$= \left( \frac{-1}{3} x^{258261} (1647.7)^3 + \frac{1}{8} x^{59.07} (1647.7)^4 - \frac{1}{2} -2.85\text{E}+08 (1647.67)^2 \right)$$

$$- \left( \frac{-1}{3} x^{258261} (0.0)^3 + \frac{1}{8} x^{59.07} (0.0)^4 - \frac{1}{2} -285400700 (0.00)^2 \right)$$

$$= 5.67\text{E}+13 - 0.00\text{E}+00$$

$$= 56749504138933.90 \quad \text{Nmm}$$

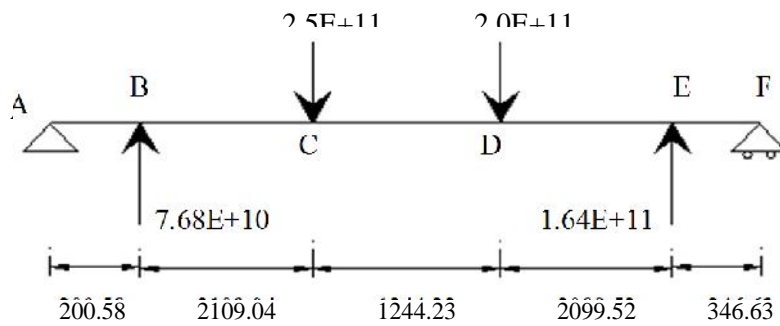
$$163720147241.25 \ell_8 = 56749504138933.90$$

$$= 346.63 \quad \text{mm}$$

$$\ell_7 = X_4 - \ell_8$$

$$= 1647.67 - 346.63$$

$$= 1301.05 \quad \text{mm}$$



Gambar 4.16 Pembebanan akibat momen (1117)

Mencari reaksi :

$$M_f = 0$$

$$\begin{aligned}
 &= R_a \times 6000 + A_1 \times 5799.42 - A_2 \times 3690.4 - A_3 \times 2446.14 \\
 &\quad + A_4 \times 346.63 \\
 &= R_a \times 6000 + 7.68E+10 \times 5799.4 - 2.53E+11 \times 3690.4 \\
 &\quad - 2.04E+11 \times 2446.14 + 1.64E+11 \times 346.63 \\
 &= 6000 R_a + -930482550000001
 \end{aligned}$$

$$R_a = 155080425000.00 \text{ N}$$

$$M_a = 0$$

$$\begin{aligned}
 &= R_b \times 6000 + A_4 \times 5653.37 - A_3 \times 3553.86 - A_2 \times 2309.62 \\
 &\quad + A_1 \times 200.58 \\
 &= R_b \times 6000 + 1.64E+11 \times 5653.37 - 2.04E+11 \times 3553.9 \\
 &\quad - 2.53E+11 \times 2309.6 + 7.68E+10 \times 200.58 \\
 &= 6000 R_b + -368017649999999.0
 \end{aligned}$$

$$R_b = 61336275000.00 \text{ N}$$

Menghitung momen maksimal :

$$M_a = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_b = R_a \times 200.58$$

$$\begin{aligned}
 &= 155080425000.00 \times 200.58 \\
 &= 31106623578974.60 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_c &= R_a \times 2309.6 + A_1 \times 2109.0 \\
&= 1.55E+11 \times 2309.6 + 7.68E+10 \times 2109.0 \\
&= 520134836846915.00 \quad \text{Nmm} \\
M_d &= R_a \times 3553.86 + A_1 \times 3353.3 - A_2 \times 1244.23 \\
&= 1.55E+11 \times 3553.86 + 7.68E+10 \times 3353.27 - \\
&\quad 2.53E+11 \times 1244.23 \\
&= 493771086155977.00 \quad \text{Nmm} \\
M_e &= R_a \times 5653.37 + A_1 \times 5452.79 - A_2 \times 3343.75 \\
&\quad - A_3 \times 2099.52 \\
&= 1.55E+11 \times 5653.37 + 7.68E+10 \times 5452.8 - \\
&\quad 2.53E+11 \times 3343.75 - 2.04E+11 \times 2099.52 \\
&= 21260689357005.10 \quad \text{Nmm} \\
M_f &= R_a \times 6000 + A_1 \times 5799.42 - A_2 \times 3690.38 \\
&\quad - A_3 \times 2446.14 + A_4 \times 346.63 \\
&= 1.551E+11 \times 6000.0 + 7.679E+10 \times 5799.42 - \\
&\quad 2.531E+11 \times 3690.4 - 2.039E+11 \times 2446.1 + \\
&\quad 1.637E+11 \times 346.63 \\
&= 0 \quad \text{Nmm}
\end{aligned}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$\begin{aligned}
y &= \frac{1}{2} \cdot h_{WF} + h_{pelat} \\
&= \frac{1}{2} \cdot 400 + 120 = 320 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} \cdot h_{\text{pelat}}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 120 = 60 \text{ cm}$$

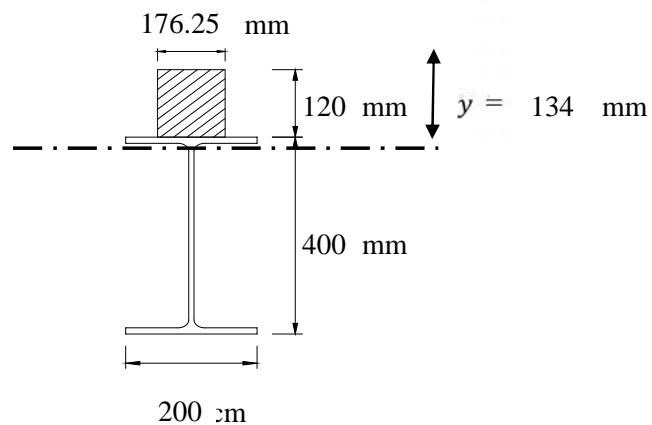
- Menentukan letak garis netral :

Tabel 4.28 Menentukan letak garis netral WF 400x200x8x13

Penampang	Luas Transformasi A (mm <sup>2</sup> )	Lengan momen y (cm)	A · y (cm <sup>3</sup> )
Pelat beton	21150.00	60	1269000.00
Profil WF	8410.00	320	2691200
	29560.00		3960200.00

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{3960200.00}{29560.00} = 134 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.17 Garis netral untuk mencari inersia komposit



$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 176.25 \cdot 120^3 \\
 &= 25380000.0 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

Tabel 4.29 Momen inersia penampang WF 400x200x8x13

Penampang	A (cm <sup>2</sup> )	y (mm)	I <sub>0</sub> (mm <sup>4</sup> )	$y - \bar{y}$	I <sub>0</sub> +A · d <sup>2</sup> (mm <sup>4</sup> )
				d (mm)	
Pelat beton	21150.0	60	25380000.0	73.97	141108466.88
Profil WF	8410.0	320	237000000	186.03	528041269.25
<i>I<sub>tr</sub></i> =					669149736.13

Maka, lendutan dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{Mx}{E \cdot I} \\
 &= \frac{520134836846915.00}{200000 \times 669149736.13} \\
 &= 3.89 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$= 16.67 \text{ mm} > i = 3.89 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.6.2 Perhitungan Balok Induk WF 450x200x9x14

Hasil Output dari program Etabs (980)

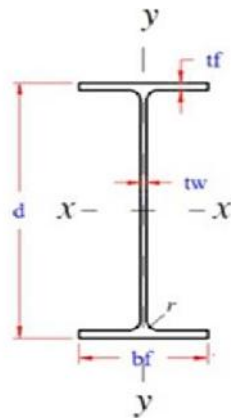
$$M_{u(+)} = - \text{ kgm}$$

$$M_{u(-)} = 31200.32 \text{ kgm}$$

$$V_u = 27562.65 \text{ kg}$$

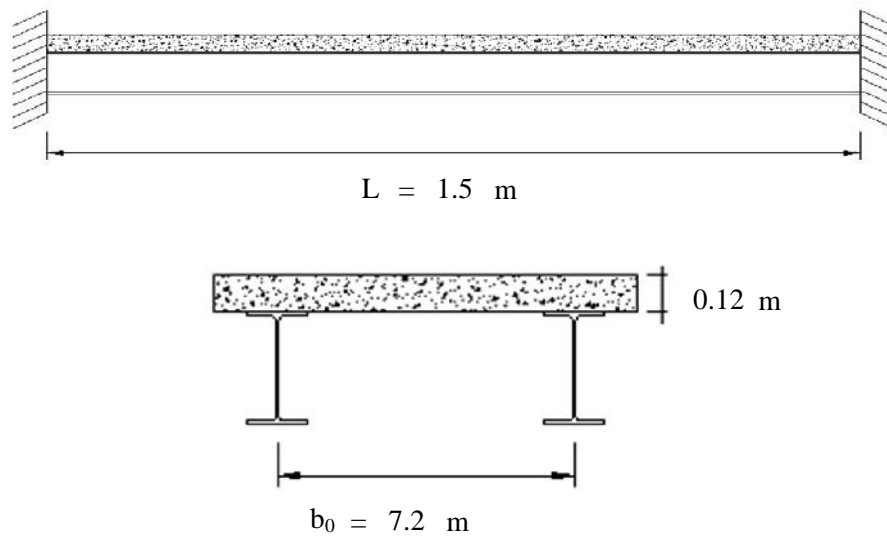
- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f'_c}$   
 $: 4700 \sqrt{25}$   
 $: 23500 \text{ MPa}$

Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 450 \text{ mm}$	$I_x = 33500 \text{ cm}^4$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$I_y = 1870 \text{ cm}^4$
$t_w = 9 \text{ mm}$	$i_x = 18.6 \text{ cm}$
$t_f = 14 \text{ mm}$	$i_y = 4.4 \text{ cm}$
$r = 18 \text{ mm}$	$S_x = 1490 \text{ cm}^3$
$A_g = 96.80 \text{ cm}^2$	$S_y = 187 \text{ cm}^3$
$w = 76 \text{ kg/m}$	$Z_x = 1621.5 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 288.5 \text{ cm}^3$



Gambar 4.18 Panjang bentang & jarak  $b_0$  (980)

**- Lebar Efektif balok komposit**

Panjang Balok ( $L$ ) = 150 cm

- Untuk balok Interior

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{150}{4} = 37.5 \text{ cm}$$

$$b_0 = 3.6 \text{ m} = 360 \text{ cm}$$

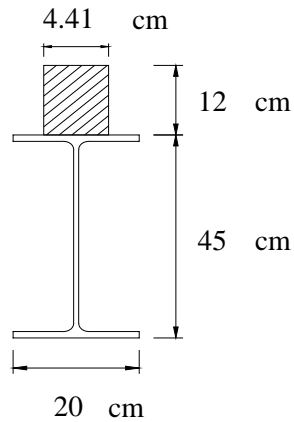
diambil yang terkecil, maka  $b_e = 37.5 \text{ cm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{37.5}{8.511} = 4.41 \text{ cm}$$

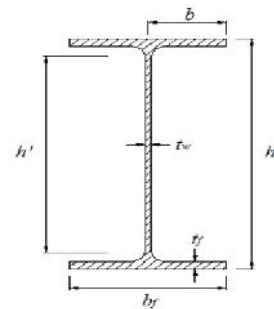
Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.19 Pelat beton di transformasi ke penampang baja

$h$  = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius  
sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h' &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 450 - 14 - (2 \cdot 18) \\ &= 400 \text{ mm} \end{aligned}$$



#### Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{b}{t_f} = \frac{100}{14} = 7.14 < \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.97 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

#### Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \lambda_w &= \frac{h'}{t_w} = \frac{400}{9} = 44.4 < \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.54 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

### Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 44,0 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ = 2235,5 \text{ mm} \rightarrow 2,24 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7F_y}{E} \right)^2}$$

- Konstanta torsi

$$J = \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + h - t_w \right]^3 \\ = \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot 200 \cdot 14^3 + 450 - 9 \right]^3 \\ = 475216,6667 \text{ mm}^4$$

$$c = 1$$

$h_o$  = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$= d - t_f$$

$$= 450 - 14$$

$$= 436 \text{ mm}$$

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{18700000 \cdot 436}{2 \cdot 1490000}$$

$$r_{ts}^2 = 2736$$

$$r_{ts} = 52.31 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 52.31 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{475217 \cdot 1}{1490000 \cdot 436} + \sqrt{\left(\frac{475217 \cdot 1}{1490000 \cdot 436}\right)^2 + 6.76 \cdot \left(\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right)^2}}$$

$$= 121425.87 \cdot \sqrt{0.00073 + \sqrt{0.000000535 + 0.000004770}}$$

$$= 121425.87 \cdot \sqrt{0.00073 + \sqrt{0.000005305}}$$

$$= 121425.87 \cdot \sqrt{0.00073 + 0.00230}$$

$$= 121425.87 \cdot \sqrt{0.00303}$$

$$= 6689.19 \text{ mm} \rightarrow 6.69 \text{ m}$$

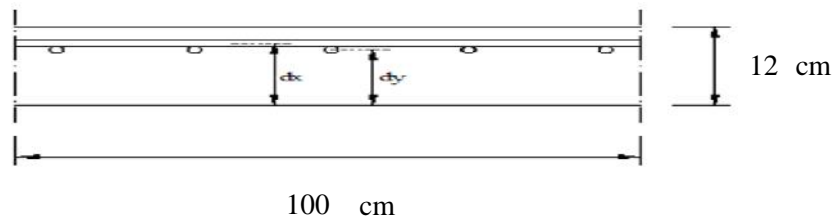
$$\text{Maka } L < L_p < L_r$$

$$1.5 < 2.24 < 6.69$$

Kompak!

### A. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Negatif)

- Perhitungan penulangan
- Perhitungan tinggi efektif pelat lantai



Tebal selimut beton ( $p$ ) = 20 mm

Ø Tulangan utama = 10 mm

tebal plat lantai ( $h$ ) = 120 mm

- Tinggi efektif ( $d$ ) arah x :

$$\begin{aligned} d_x &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 \\ &= 95.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tinggi efektif ( $d$ ) arah y :

$$\begin{aligned} d_y &= h - p - 1/2 \cdot \text{Ø tul. utama} - \text{Ø tul. utama} \\ &= 120 - 20 - 1/2 \cdot 10 - 10 \\ &= 85.0 \text{ mm} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan momen pada pelat lantai

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{3.6}{3} = 1.20 \quad (\text{Maka digunakan Pelat Dua Arah})$$

#### Beban terfaktor:

$$\begin{aligned} q_u &= 1.2 \cdot q_D + 1.6 \cdot q_L \\ &= 1.2 \cdot 460 + 1.6 \cdot 479 \end{aligned}$$

$$= 1318.40 \text{ Kg/m}^2$$

Dengan mengetahui nilai  $L_y/L_x$  maka dapat ditentukan nilai  $M_{lx}$ ,  $M_{ly}$ ,  $M_{tx}$ ,  $M_{ty}$  yaitu:

$$\begin{aligned} M_{tx} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 1318.40 \cdot 3^2 \cdot 63 \\ &= -748 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= -0.001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x \\ &= -0.001 \cdot 1318.40 \cdot 3^2 \cdot 34 \\ &= -403 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### Penulangan arah x (penulangan tumpuan $M_{tx}$ )

diketahui:

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 95.0 \text{ mm}$$

$$M_{tx} = 747.5 \text{ kg.m} = 7475328 \text{ N.mm}$$

$$\text{Momen nominal} = \frac{M_u}{\phi} = \frac{7475328}{0.9} = 8305920.0 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_n}{0.85 \cdot f_c \cdot b \cdot d^2}} \right] \\ &= \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95}{240} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 8305920.0}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 95^2}} \right] \\ &= 372.54 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 A_{s \min} &= 0.002 \cdot b \cdot h \\
 &= 0.002 \cdot 1000 \cdot 120 \\
 &= 240 \text{ mm}^2 \\
 1 &= 0.85 \rightarrow f'c' = < 28 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \max} &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot f'c' \cdot 1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \cdot b \cdot d \\
 &= 0.75 \cdot \frac{0.85 \cdot 25 \cdot 0.85}{240} \cdot \frac{600}{600 + 240} \cdot 1000 \cdot 95 \\
 &= 3830.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s &= 372.54 \text{ mm}^2 > A_{s \min} = 240 \text{ mm}^2 \\
 &< A_{s \max} = 3830.2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka digunakan tulangan } A_s = 372.54 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan = Ø 10

$$A_s = \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_s \cdot b}{A_{s,u}} = \frac{78.5 \cdot 1000}{372.54} = 210.7 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Kontrol:

$$A_s = \frac{A_s \cdot b}{s} = \frac{78.5 \cdot 1000}{200} = 392.5 \text{ mm}^2 > 373 \text{ mm}^2 \text{ (Ok)}$$

jadi, digunakan tulangan Ø 10 - 200 mm

Syarat jarak maksimum tulangan plat:

$$3h = 3 \cdot 120 = 360 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan tarik dalam  $b_e$  lebar Beton

$$= \frac{375}{200} = 1.88 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka luas tulangan tarik dalam lebar efektif

$$\begin{aligned} A_{sr} &= A_{st} \cdot 2 \\ &= 78.5 \cdot 2 = 157.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Gaya tekan nominal maksimum dari profil baja

$$\begin{aligned} C_{smax} &= A_s \cdot f_y \\ &= 9680.0 \cdot 240 \\ &= 2323200.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Tahanan tarik nominal tulangan

$$\begin{aligned} T_{sr} &= A_{sr} \cdot f_y \\ &= 157.0 \cdot 240 \\ &= 37680.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena gaya tarik beton diabaikan, maka garis netral plastis berada di profil baja

Maka kesetimbangan gaya dapat di hitung sebagai berikut

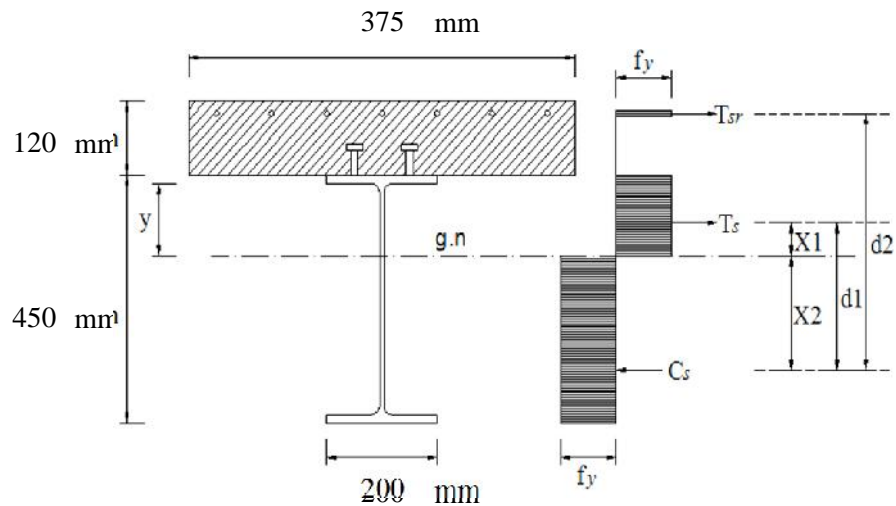
$$\begin{aligned} T_{sr} + T_s &= C_{smax} - T_s \\ 2 T_s &= C_{smax} - T_{sr} \\ 2 T_s &= 2323200.0 - 37680.0 \\ 2 T_s &= 2285520.0 \\ T_s &= \frac{2285520.0}{2} = 1142760 \text{ N} \end{aligned}$$

Asumsikan sumbu netral jatuh di flens baja

$$\frac{T_s}{f_y \cdot b_f} = \frac{1142760}{240 \cdot 200}$$

$$= 23.81 \text{ mm} > t_f = 14 \text{ mm}$$

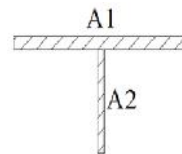
maka garis netral jatuh di web baja



Gambar 4.20 Diagram tegangan plastis daerah momen negatif (980)

Mencari Luasan  $T_s$

$$\begin{aligned} A_1 &= b_f \cdot t_f \\ &= 200 \cdot 14 \\ &= 2800 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} A_2 &= y \cdot t_w \\ &= y \cdot 9 \\ &= 9 y \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= A_1 + A_2 \\ &= 2800 + 9 y \\ &= 9 y + 2800 \end{aligned}$$

### Gaya tekan Pada Baja

Mencari luasan  $C_s$

$$A_1 = b_f \cdot t_f$$

$$= 200 \cdot 14$$

$$= 2800 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = ((d - 2 \cdot t_f) - y) \cdot t_w$$

$$= ((450 - 2 \cdot 14) - y) \cdot 9$$

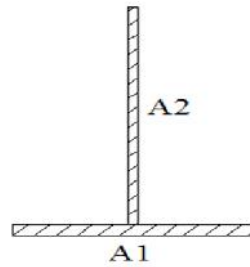
$$= (422 - y) \cdot 9$$

$$= 3798 - 9y$$

$$A_s' = A_1 + A_2$$

$$= 2800 + 3798 - 9y$$

$$= 6598 - 9y$$



$$C_s = T_{sr} + T_s$$

$$(6598 - y) \cdot 240 = 37680 + (9y + 2800) \cdot 240$$

$$1583520 - 2160y = 37680 + 2160y + 672000$$

$$1583520 - 2160y = 709680 + 2160y$$

$$1583520 - 709680 = 2160y + 2160y$$

$$873840.0 = 4320y$$

$$y = \frac{873840.0}{4320} = 202.28 \text{ mm}$$

Maka gaya tarik baja  $T_s$

$$T_s = A_s \cdot f_y$$

$$= (9 \cdot y + 2800) \cdot f_y$$

$$= (9 \cdot 202.28 + 2800) \cdot 240$$

$$= 1108920.0 \text{ N}$$

Maka gaya tekan baja  $C_s$

$$\begin{aligned}
 C_s &= A_s' \cdot f_y \\
 &= (6598 - 9 \cdot y) \cdot f_y \\
 &= (6598 - 9 \cdot 202.28) \cdot 240 \\
 &= 1146600 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Kontrol:  $C_s = T_s + T_{sr}$

$$\begin{aligned}
 1146600 &= 1108920.0 + 37680 \\
 1146600 &= 1146600 \dots\dots\dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow T_s$$

$$\begin{aligned}
 A_2 &= y \cdot t_w & A_s &= A_1 + A_2 \\
 &= 202.28 \cdot 9 & &= 2800 + 1820.50 \\
 &= 1820.50 \text{ mm}^2 & &= 4620.50 \text{ mm}^2 \\
 Y1 &= y + \frac{1}{2} \cdot t_f & Y2 &= \frac{1}{2} \cdot y \\
 &= 202.28 + \frac{1}{2} \cdot 14 & &= \frac{1}{2} \cdot 202.28 \\
 &= 209.28 \text{ mm} & &= 101.14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka titik berat  $T_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(2800 \cdot 209.28) + (1820.50 \cdot 101.14)}{2800 + 1820.50} \\
 X1 &= 166.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Mencari titik berat terhadap garis netral

$$\rightarrow C_s$$

$$A2 = (d - 2 \cdot t_f - y) \cdot t_w$$

$$= (450 - 2 \cdot 14 - 202.28) \cdot 9$$

$$= 1977.5 \text{ mm}^2$$

$$Y1 = d - t_f - y - (\frac{1}{2} \cdot t_f)$$

$$= (450 - 14 - 202.28 - (\frac{1}{2} \cdot 14))$$

$$= 226.72 \text{ mm}$$

$$Y2 = \frac{1}{2} \cdot (d - (2 \cdot t_f) - y)$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (450 - (2 \cdot 14) - 202.28)$$

$$= 109.86 \text{ mm}$$

$$\text{Maka titik berat } C_s = \frac{(A1 \cdot Y1) + (A2 \cdot Y2)}{A1 + A2}$$

$$= \frac{(2800 \cdot 226.72) + (1977.50 \cdot 109.9)}{2800 + 1977.5}$$

$$X2 = 178.35 \text{ mm}$$

- Mencari kuat lentur nominal

$$d1 = X1 + X2$$

$$= 166.67 + 178.35$$

$$= 345.02 \text{ mm}$$

$$d2 = X2 + y + t_f + d_x$$

$$= 178.35 + 202.28 + 14 + 95$$

$$= 489.63 \text{ mm}$$

Maka kuat nominal terhadap tarik adalah

$$M_n = T_s \cdot d1 + T_{sr} \cdot d2$$

$$= 1108920 \cdot 345 + 37680 \cdot 489.63$$

$$= 401050633.33 \text{ Nmm} \rightarrow 40105.06 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

- **Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= 0.9 \cdot 40105.06 \\ &= 36094.56 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$36094.56 > 31200.32 \quad \text{..... Ok!}$$

**Penghubung Geser**

- Gunakan *Stud Connector* ½" x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned} V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\ &= 0.85 \cdot 25 \cdot 375 \cdot 120 \\ &= 956250.00 \text{ N} \end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned} V_h &= f_y \cdot A_s \\ &= 240 \cdot 9680 \\ &= 2323200.0 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka digunakan  $V_h = 956250 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 14 = 35 \text{ mm} > \frac{1}{2}'' = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\
 &= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\
 &= 48567.53 \text{ N} > 46889.31 \text{ N} \\
 Q_n &= 46889.31 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 120 = 960 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{956250}{46889.31} = 20.39 \approx 21 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 21 stud untuk ½ bentang balok, atau 42 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{1500.00}{42 / 2} = 71.4 \text{ mm} < 960 \text{ mm} \text{ (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 71.4 mm

### **Menghitung Kuat geser Penampang**

- Luas badan Web

$$\begin{aligned}
 A_w &= ((d - 2 \cdot (t_f + r_o)) \cdot t_w \\
 &= ((450 - 2 \cdot (14 + 18)) \cdot 9 \\
 &= 3088.0 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$



- Kuat geser Penampang

$$C_v = \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \quad (\text{SNI 1729-2015 hal: 73})$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 3088.0 \cdot 1.0 \\ &= 444672.00 \text{ N} \rightarrow 44467.20 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$\begin{aligned} V_n &= 0.90 \cdot 44467.20 \\ &= 40020.48 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$40020.48 > 27562.650 \quad \text{Ok}$$

- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014} \quad f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal las rencana} = 8 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 \cdot a \\ &= 0.707 \cdot 8 \\ &= 5.656 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\begin{aligned} \phi R_{nw} &= 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \cdot f_{uw}) \\ &= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \cdot 506) \\ &= 1287.87 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$\begin{aligned} K &= \cdot d \\ &= \cdot 12.7 \\ &= 39.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

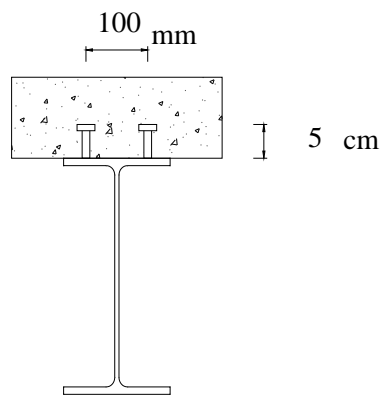
Las sekeliling shear konektor

$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{46889.31}{39.9} = 1174.75 \text{ N/mm}$$

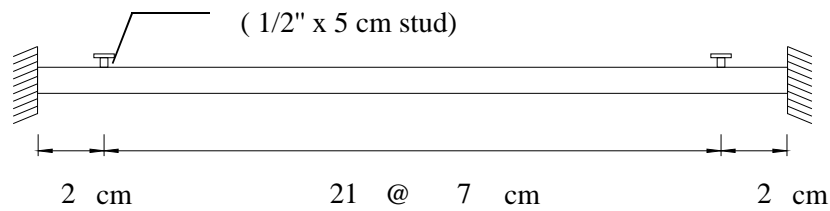
Syarat :

$$R_{nw} > R_u$$

$$1287.87 \text{ N} > 1174.75 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Letak stud pada penampang melintang profil



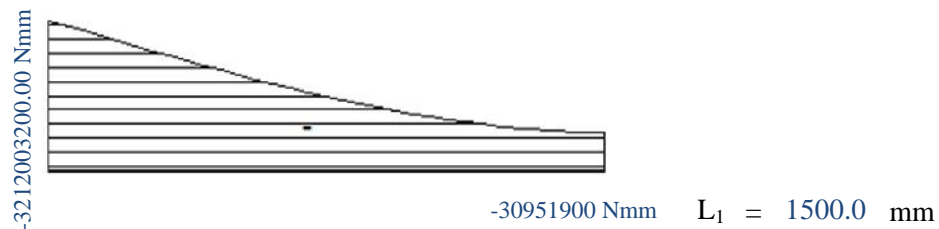
Gambar 4.21 Letak stud pada profil WF 450x200x9x14

### Kontrol lendutan

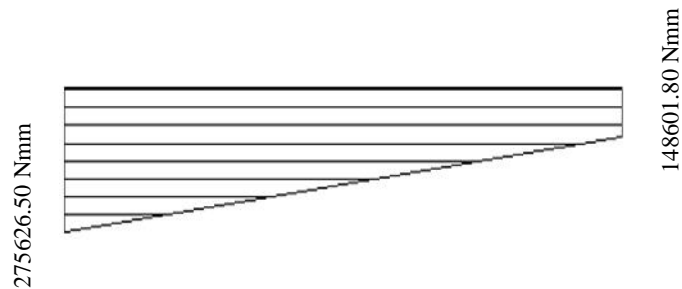
Lendutan yang diijinkan

$$= \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 1500 = 4.167 \text{ mm}$$

Besar lendutan yang terjadi (dihitung menggunakan metode momen area) sebagai berikut :



Gambar 4.22 Bidang momen (980) akibat kombinasi beban 2



Gambar 4.23 Bidang geser (980) akibat kombinasi beban 2

Pembebanan pada balok

$$q_d = 33.91 \text{ N/mm}$$

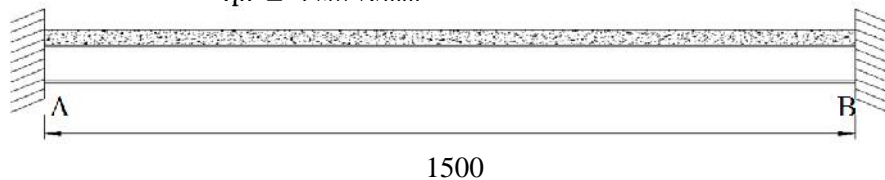
$$q_l = 34.49 \text{ N/mm}$$

Beban merata terfaktor ( $q_u$ ) :

$$1.2 D + 1.6 L = 1.20 \cdot 33.91 + 1.60 \cdot 34.49$$

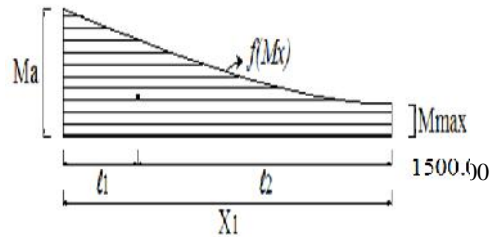
$$= 95.87 \text{ N/mm}$$

$$q_u = 95.87 \text{ N/mm}$$



Gambar 4.24 Beban merata (980) akibat beban terfaktor

- 1) Menentukan Gaya A1 dan titik berat terhadap A1



Gambar 4.25 Bidang momen (980) untuk mencari gaya A1

$$M_x = R_a \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x + M_a$$

$$A1 = \int f(Mx) dx$$

$$= \int_{1500.00}^{0.00} \left( R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a \right) dx$$

$$= \int_{1500.00}^{0.00} R_a \cdot x^1 - \frac{1}{2} q x^2 + M_a$$

$$= \frac{1}{1+1} R_a \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} + \frac{1}{0+1} M_a \cdot x^{0+1} \Big|_{1500.00}^{0.00}$$

$$= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \frac{1}{1} M_a \cdot x \Big|_{1500}^{0}$$

$$= \frac{1}{2} R_a x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + M_a \cdot x \Big|_{1500}^{0}$$

$$= \left( \frac{1}{2} x 275626.5 (0.0)^2 - \frac{1}{6} x 95.87 (0.0)^3 + -3.21E+09 (0.0) \right)$$

$$- \left( \frac{1}{2} x 275626.5 (1500.00)^2 - \frac{1}{6} x 95.868 (1500.00)^3 + -3212003200 (1500.00) \right)$$

$$= 0.00 - -4.56E+12$$

$$= 4561850602500.00 \quad \text{Nmm}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

$$A_1 \quad \ell_1 = x \text{ (MX)}$$

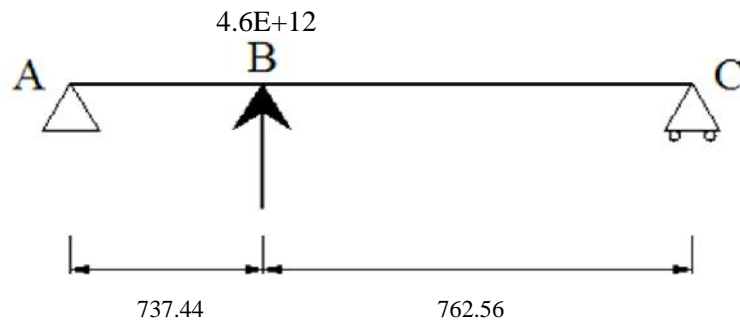
$$A_1 \quad \ell_1 = \int x \, dx \text{ (MX)}$$

$$\begin{aligned}
 \ell_1 &= \int_{1500.00}^{0.0} x \left( Ra \cdot x - \frac{1}{2} qx^2 + Ma \right) dx \\
 &= \int_{1500.00}^{0.0} Ra \cdot x^2 - \frac{1}{2} qx^3 + Ma \cdot x^1 \\
 &= \frac{1}{2+1} Ra \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} + \frac{1}{1+1} Ma \cdot x^{1+1} \Bigg|_{1500.00}^0 \\
 &= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} Ma \cdot x^2 \Bigg|_{1500}^0 \\
 &= \frac{1}{3} Ra \cdot x^3 - \frac{1}{8} qx^4 + \frac{1}{2} Ma \cdot x^2 \Bigg|_{1500}^0 \\
 &= \left( \frac{1}{3} x^{275627} (0.0)^3 - \frac{1}{8} x^{95.87} (0.00)^4 + \frac{1}{2} -3.21E+09 (0.0)^2 \right) \\
 &\quad - \left( \frac{1}{3} x^{275627} (1500.00)^3 - \frac{1}{8} x^{95.87} (1500.00)^4 + \frac{1}{2} -3E+09 (1500.00)^2 \right) \\
 &= 0.00E+00 - -3.36E+15 \\
 &= 3364090104375000.00 \text{ Nmm} \\
 4561850602500.00 \ell_1 &= 3364090104375000.00 \\
 \ell_1 &= 737.44 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\ell_2 = X_1 - \ell_1$$

$$= 1500.00 - 737.44$$

$$= 762.56 \text{ mm}$$



Gambar 4.26 Pembebanan akibat momen (980)

Mencari reaksi :

$$M_f =$$

$$= R_a \times 1500 - A_1 \times 762.56$$

$$= R_a \times 1500 - 4.56E+12 \times 762.56$$

$$= 1500 R - 3.48E+15$$

$$R_a = 2.32E+12 \text{ N}$$

$$M_a =$$

$$= R_b \times 1500 + A_4 \times 737.44$$

$$= R_b \times 1500 + 4.56E+12 \times 737.44$$

$$= 1500 R + 3364090104375000.0$$

$$R_b = 2.24E+12 \text{ N}$$

Menghitung momen maksimal :

$$M_a = 0 \text{ Nmm}$$

$$M_b = R_a \times 737.44$$

$$= 2.32E+12 \times 737.44$$

$$= 1.71E+15 \text{ Nmm}$$

$$M_c = R_a \times 1500.00 - A_1 \times 762.56$$

$$= 2.32E+12 \times 1500.0 + 4.56E+12 \times 762.56$$

$$= 0.00 \text{ Nmm}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$y = \frac{1}{2} \cdot h_{WF} + h_{pelat}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 450 + 120 = 345 \text{ mm}$$

Lengan momen Pelat beton

$$y = \frac{1}{2} \cdot h_{pelat}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 120 = 60 \text{ cm}$$

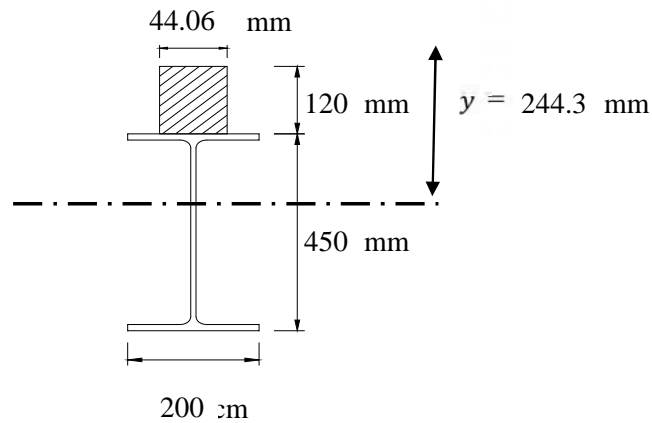
- Menentukan letak garis netral :

Tabel 4.30 Menentukan letak garis netral WF 450x200x9x14

Penampang	Luas Transformasi A (mm <sup>2</sup> )	Lengan momen y (cm)	A · y (cm <sup>3</sup> )
Pelat beton	5287.50	60	317250.00
Profil WF	9680.00	345	3339600
	14967.50		3656850.00

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{3656850.00}{14967.50} = 244.3 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.27 Garis netral untuk mencari inersia komposit

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 44.06 \cdot 120^3 \\
 &= 6345000.0 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

Tabel 4.31 Momen inersia penampang WF 450x200x9x14

Penampang	A (cm <sup>2</sup> )	y (mm)	I <sub>0</sub> (mm <sup>4</sup> )	$y - \bar{y}$	I <sub>0</sub> + A · d <sup>2</sup> (mm <sup>4</sup> )
				d (mm)	
Pelat beton	5287.5	60	6345000.0	184.32	185980547.26
Profil WF	9680.0	345	335000000	100.68	433122206.21
<i>I<sub>tr</sub></i> =					619102753.47



Maka, lendutan dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}i &= \frac{Mx}{E \cdot I} \\&= \frac{171021419355469.00}{200000 \times 619102753.47} \\&= 1.38 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maka :

$$= 4.17 \text{ mm} > i = 1.38 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.6.3 Perhitungan Balok Anak WF 350x175x7x11

Hasil Output dari program Etabs (1151)

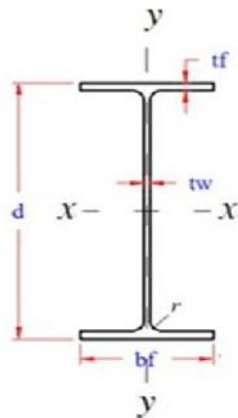
$$M_{u(+)} = 32178.95 \text{ kgm}$$

$$M_{u(-)} = - \text{ kgm}$$

$$V_u = 9046.13 \text{ kg}$$

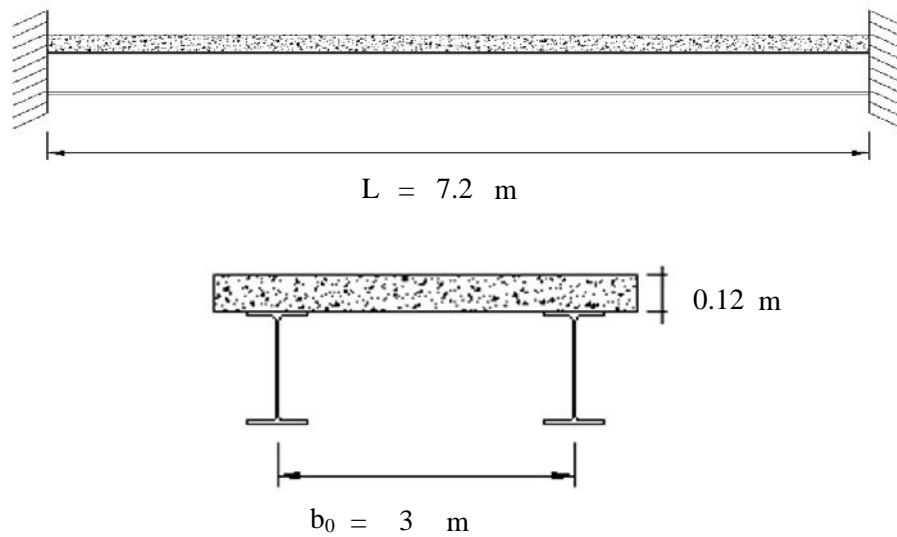
- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Tebal pelat beton : 12 cm
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa
- Modulus elastisitas beton ( $E_c$ ) :  $4700 \sqrt{f'_c}$   
 $: 4700 \sqrt{25}$   
 $: 23500 \text{ MPa}$

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 13600 \text{ cm}^4$
$b_f = 175 \text{ mm}$	$I_y = 984 \text{ cm}^4$
$t_w = 7 \text{ mm}$	$i_x = 14.7 \text{ cm}$
$t_f = 11 \text{ mm}$	$i_y = 3.95 \text{ cm}$
$r = 14 \text{ mm}$	$S_x = 775 \text{ cm}^3$
$A_g = 63.14 \text{ cm}^2$	$S_y = 112 \text{ cm}^3$
$w = 49.6 \text{ kg/m}$	$Z_x = 840.8 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 172.5 \text{ cm}^3$



Gambar 4.28 Panjang bentang & jarak  $b_0$  (1151)

**- Lebar Efektif balok komposit**

Panjang Balok ( $L$ ) = 720 cm

- Untuk balok Interior

$$b_E = \frac{L}{4} = \frac{720}{4} = 180 \text{ cm}$$

$$b_0 = 3.6 \text{ m} = 360 \text{ cm}$$

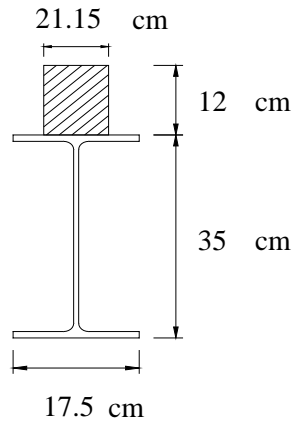
diambil yang terkecil, maka  $b_e = 180 \text{ cm}$

$$n = \frac{E_{\text{baja}}}{E_{\text{beton}}} = \frac{200000}{23500} = 8.511$$

- Pelat beton di transformasi ke penampang baja, sehingga :

$$\frac{b_E}{n} = \frac{180}{8.511} = 21.15 \text{ cm}$$

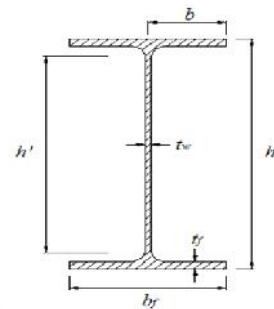
Pelat beton di transformasi ke penampang baja :



Gambar 4.29 Pelat beton di transformasi ke penampang baja

$h$  = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius  
sudut pertemuan pada setiap sayap

$$\begin{aligned} h' &= d - t_f - (2 \cdot r_o) \\ &= 350 - 11 - (2 \cdot 14) \\ &= 311 \text{ mm} \end{aligned}$$



#### Tekuk Lokal Flens

$$\begin{aligned} \lambda_f &= \frac{b}{t_f} = \frac{87.5}{11} = 7.95 < \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 10.97 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

#### Tekuk Lokal Web

$$\begin{aligned} \lambda_w &= \frac{h'}{t_w} = \frac{311}{7} = 44.4 < \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 108.54 \\ \lambda_f &< \lambda_p && \text{Kompak!} \end{aligned}$$

### Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 39,5 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}} \\ = 2006,87 \text{ mm} \rightarrow 2,01 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}$$

- Konstanta torsi

$$J = \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + h - t_w \right]^3 \\ = \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot 175 \cdot 11^3 + 350 - 7 \right]^3 \\ = 195300 \text{ mm}^4$$

$$c = 1$$

$h_o$  = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$= d - t_f$$

$$= 350 - 11$$

$$= 339 \text{ mm}$$

- Radius Girasi Efektif

$$r_{ts}^2 = \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{9840000 \cdot 339}{2 \cdot 775000}$$

$$r_{ts}^2 = 2152$$

$$r_{ts} = 46.39 \text{ mm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \cdot 46.39 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240}$$

$$\cdot \sqrt{\frac{195300 \cdot 1}{775000 \cdot 339} + \sqrt{\left(\frac{195300 \cdot 1}{775000 \cdot 339}\right)^2 + 6.76 \cdot \left(\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right)^2}}$$

$$= 107692.85 \cdot \sqrt{0.00074 + \sqrt{0.000000553 + 0.000004770}}$$

$$= 107692.85 \cdot \sqrt{0.00074 + \sqrt{0.000005322}}$$

$$= 107692.85 \cdot \sqrt{0.00074 + 0.00231}$$

$$= 107692.85 \cdot \sqrt{0.00305}$$

$$= 5947.93 \text{ mm} \rightarrow 5.95 \text{ m}$$

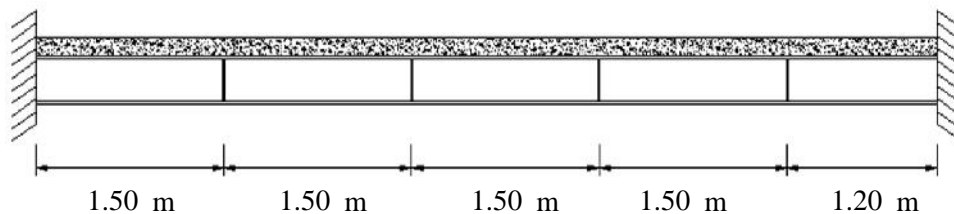
Maka  $L > L_p < L_r$

$$7.2 > 2.01 < 5.95$$

Tidak Kompak!

Direncanakan dalam kondisi penampang kompak

maka diberi pengaku lateral pada jarak  $\leq L_p = 1.50 \text{ m}$



Gambar 4.30 Jarak pengaku WF 350x150x7x11

### A. Kuat Lentur Nominal (Terhadap Momen Positif)

Mencari letak garis netral plastis, Sehingga:

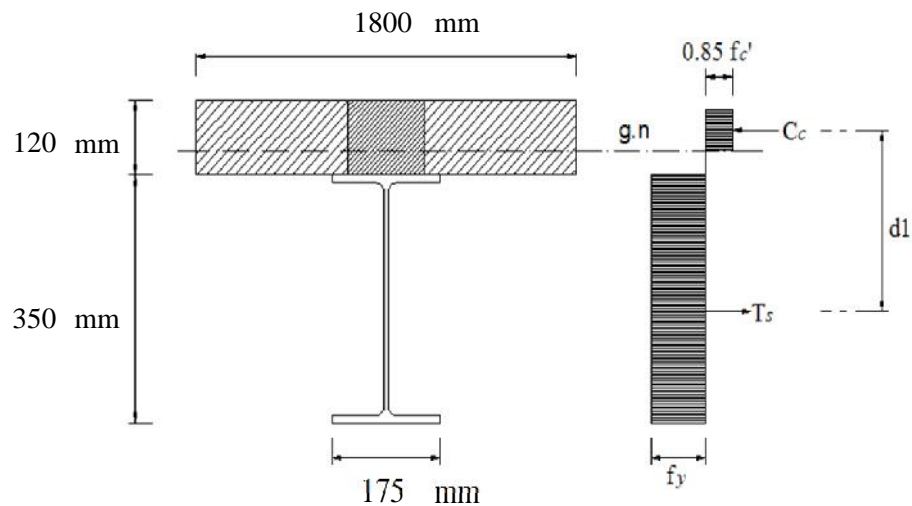
$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b_e}$$

$$= \frac{6314 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 1800}$$

$$= 39.62 < t_s$$

$$a < t_s$$

39.62 < 120 .....Maka garis netral jatuh d Pelat



Gambar 4.31 Diagram tegangan plastis daerah momen positif (1151)

#### - Nilai tekan pada beton

$$C_c = 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b_E$$

$$= 0.85 \cdot 25 \cdot a \cdot 1800.0$$

$$= 38250.00 \cdot a \text{ N}$$

- Nilai tekan pada profil baja

$$\begin{aligned} T_s &= A_s \cdot f_y \\ &= 6314.0 \cdot 240 \\ &= 1515360 \text{ N} \end{aligned}$$

$$a = \frac{1515360}{38250.00} = 39.62 \text{ mm} \quad \begin{aligned} C &= 38250.00 \cdot 39.62 \\ &= 1515360 \text{ N} \end{aligned}$$

- Maka keseimbangan gayanya:

$$\begin{aligned} C_c &= T_s & C_c &= 38250.00 \cdot a \\ 38250.00 \cdot a &= 1515360 & &= 38250.00 \cdot 39.62 \\ a &= \frac{1515360}{38250.00} & &= 1515360.0 \text{ N} \\ & & & \\ &= 39.62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka Kuat Lentur nominal

$$\begin{aligned} M_n &= T \cdot d_1 = A_s \cdot f_y \cdot \left[ \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right] \\ &= 6314.0 \cdot 240 \cdot \left[ \frac{350}{2} + 120 - \frac{39.62}{2} \right] \\ &= 417013998.31 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 41701.40 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

**Kuat Lentur Rencana**

$$\begin{aligned} {}^b M_n &= 0.85 \cdot 41701.40 \\ &= 35446.19 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$M_n > M_u$$

$$35446.19 > 32178.95 \quad \text{Ok}$$



### Penghubung Geser

- Gunakan *Stud Connector* ½" x 5 cm.
- Gaya geser maksimum pada daerah momen positif adalah yang terkecil dari :

- Kehancuran beton

$$\begin{aligned}V_h &= 0.85 \cdot f'_c \cdot b_e \cdot t_s \\&= 0.85 \cdot 25 \cdot 1800 \cdot 120 \\&= 4590000.00 \text{ N}\end{aligned}$$

- Leleh tarik dari penampang baja

$$\begin{aligned}V_h &= f_y \cdot A_s \\&= 240 \cdot 6314 \\&= 1515360.0 \text{ N}\end{aligned}$$

Maka digunakan  $V_h = 1515360 \text{ N}$

- Diameter maksimum stud yang diijinkan:

$$2.5 \cdot t_f = 2.5 \cdot 11 = 28 \text{ mm} > \frac{1}{2}" = 12.7 \text{ mm}$$

- Luas Penampang Melintang satu buah *Stud Connector*:

$$A_{sc} = \frac{\pi \cdot 12.7^2}{4} = 126.73 \text{ mm}^2$$

- Kuat geser satu buah *Stud Connector*:

$$\begin{aligned}Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq A_{sc} \cdot f_u \\&= 0.5 \cdot 126.73 \sqrt{25 \cdot 23500} \leq 126.73 \cdot 370 \\&= 48567.53 \text{ N} > 46889.31 \text{ N} \\Q_n &= 46889.31 \text{ N}\end{aligned}$$

- Persyaratan antar penghubung geser

$$\text{Jarak Minimum Longitudinal} = 6d = 6 \times 12.7 = 76.2 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Maksimum Longitudinal} = 8t = 8 \times 120 = 960 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak transversal} = 4d = 4 \times 12.7 = 50.8 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

- Jumlah *Stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = \frac{1515360}{46889.31} = 32.32 \approx 33 \text{ buah}$$

- Gunakan minimum 33 stud untuk ½ bentang balok, atau 66 buah untuk keseluruhan bentang. Jika satu buah *Stud* di pasang setiap penampang melintang, maka jarak antar Stud adalah:

$$s = \frac{7200.00}{66 / 2} = 218 \text{ mm} < 960 \text{ mm} \text{ (Jarak Stud maksimum)}$$

Maka jarak yang digunakan 218 mm

### **Menghitung Kuat geser Penampang**

- Luas badan Web

$$\begin{aligned} A_w &= ((d - 2 \cdot (t_f + r_o)) \cdot t_w \\ &= ((350 - 2 \cdot (11 + 14)) \cdot 7 \\ &= 2400.0 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat geser Penampang

$$C_v = \text{Koefisien geser badan} = 1.0 \text{ (SNI 1729-2015 hal: 73)}$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 2400.0 \cdot 1.0 \\ &= 345600.00 \text{ N} \rightarrow 34560.00 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kuat Nominal geser Penampang

$$V_n = 0.90 \cdot 34560.00$$

$$= 31104.00 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_n > V_u$$

$$31104.00 > 9046.130 \quad \text{Ok}$$

- Perhitungan las fillet pada penghubung geser :

$$\text{electrode E7014 } f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{tebal las rencana} = 8 \text{ mm}$$

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \cdot 8$$

$$= 5.656 \text{ mm}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

$$\phi R_{nw} = 0.75 \cdot t_e \cdot (0.6 \times f_{uw})$$

$$= 0.75 \cdot 5.656 \cdot (0.6 \times 506)$$

$$= 1287.87 \text{ N/mm}$$

Panjang keliling konektor (K) :

$$K = \pi \cdot d$$

$$= \pi \cdot 12.7$$

$$= 39.9 \text{ mm}$$

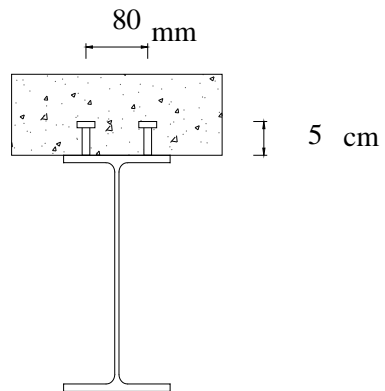
Las sekeliling shear konektor

$$R_u = \frac{Q_n}{K} = \frac{46889.31}{39.9} = 1174.75 \text{ N/mm}$$

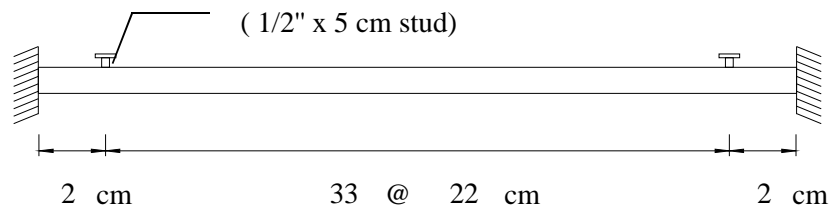
Syarat :

$$\phi R_{nw} > R_u$$

$$1287.87 \text{ N} > 1174.75 \text{ N} \quad \text{OK!}$$



Letak stud pada penampang melintang profil



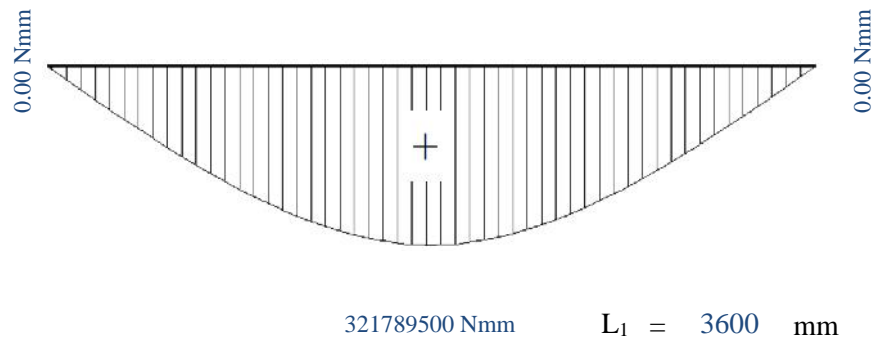
Gambar 4.32 Letak stud pada profil WF 350x150x7x11

### Kontrol lendutan

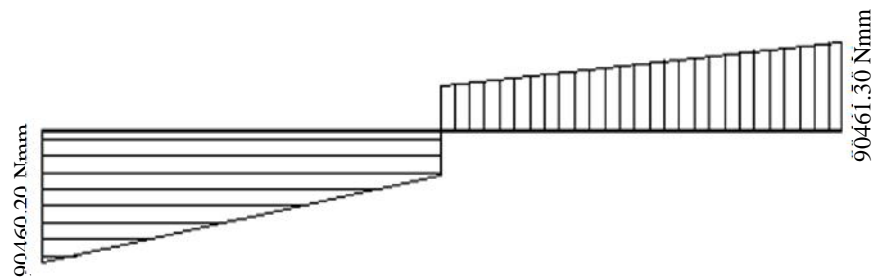
Lendutan yang diijinkan

$$= \frac{1}{360} L = \frac{1}{360} \times 7200 = 20 \text{ mm}$$

Besar lendutan yang terjadi (dihitung menggunakan metode momen area) sebagai berikut :



Gambar 4.33 Bidang momen (1151) akibat kombinasi beban 2



Gambar 4.34 Bidang geser (980) akibat kombinasi beban 2

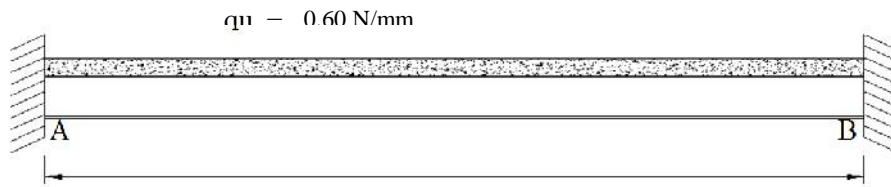
Pembebanan pada balok

$$q_d = 0.50 \text{ N/mm}$$

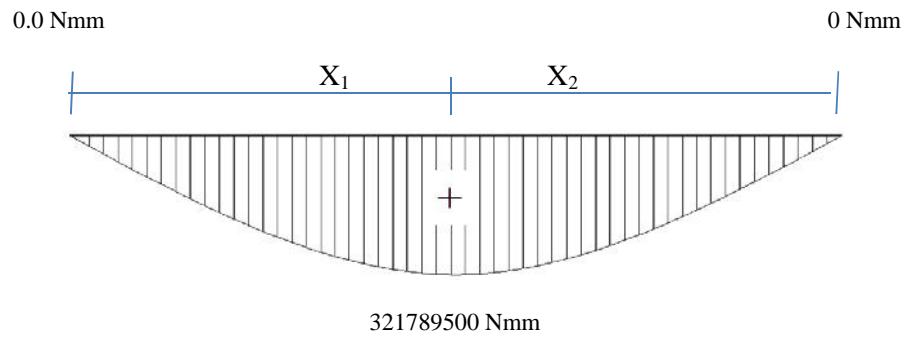
$$q_t = 0.00 \text{ N/mm}$$

• *Beban merata terfaktor ( $q_u$ ) :*

$$\begin{aligned} 1.2 D + 1.6 L &= 1.20 + 0.50 + 1.60 + 0.00 \\ &= 0.60 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

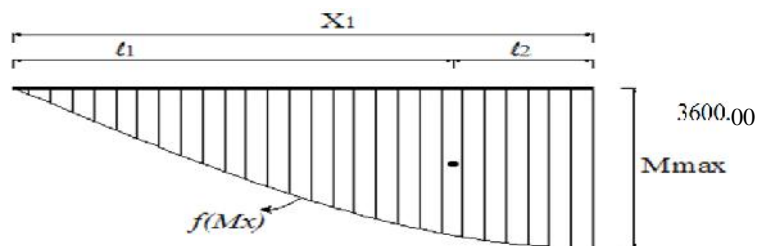


Gambar 4.35 Beban merata (1151) akibat beban terfaktor



Gambar 4.36 Bidang momen (1151)

1) Menentukan Gaya A1 dan titik berat terhadap A1



Gambar 4.37 Bidang momen (1151) untuk mencari gaya A1

$$M_x = R_a \cdot x - q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x + M_a$$

$$\begin{aligned}
 A1 &= \int f(Mx) dx \\
 &= \int_{0.0}^{3600.00} \left( R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a \right) dx \\
 &= \int_{0.0}^{3600.00} R_a \cdot x - \frac{1}{2} q x^2 + M_a
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{1+1} \text{Ra} \cdot x^{1+1} - \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} + \frac{1}{0+1} \text{Ma} \cdot x^{0+1} \Big|_{3600.00}^0 \\
&= \frac{1}{2} \text{Ra} x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \text{Ma} \cdot x \Big|_{3600}^0 \\
&= \frac{1}{2} \text{Ra} x^2 - \frac{1}{6} q x^3 + \text{Ma} \cdot x \Big|_{3600}^0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left( \frac{1}{2} \times 90460.2 (0.0)^2 - \frac{1}{6} \times 0.60 (0.0)^3 + 0 (0.0) \right) \\
&\quad - \left( \frac{1}{2} \times 90460.2 (3600.00)^2 - \frac{1}{6} \times 0.597 (3600.00)^3 + 0 (3600.00) \right) \\
&= 0.00 - 5.82\text{E}+11 \\
&= -581537024640.00 \quad \text{Nmm}
\end{aligned}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

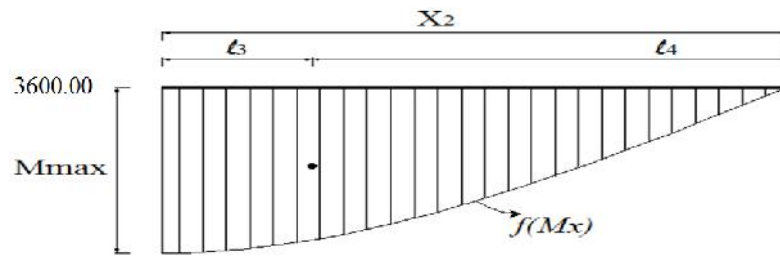
$$A_1 \ell_1 = x (\text{MX})$$

$$A_1 \ell_1 = \int x \, dx (\text{MX})$$

$$\begin{aligned}
A_1 \ell_1 &= \int_{3600.00}^{0.0} x \left( \text{Ra} \cdot x^2 - \frac{1}{2} q x^3 + \text{Ma} \right) dx \\
&= \int_{3600.00}^{0.0} \text{Ra} \cdot x^3 - \frac{1}{2} q x^4 + \text{Ma} x^1 \\
&= \frac{1}{2+1} \text{Ra} \cdot x^{2+1} - \frac{1/2}{3+1} q x^{3+1} + \frac{1}{1+1} \text{Ma} \cdot x^{1+1} \Big|_{3600.00}^0 \\
&= \frac{1}{3} \text{Ra} x^3 - \frac{1}{8} q x^4 + \frac{1}{2} \text{Ma} \cdot x^2 \Big|_{3600}^0 \\
&= \frac{1}{3} \text{Ra} x^3 - \frac{1}{8} q x^4 + \frac{1}{2} \text{Ma} \cdot x^2 \Big|_{3600}^0 \\
&= \left( \frac{1}{3} \times 90460 (0.0)^3 - \frac{1}{8} \times 0.60 (0.0)^4 + \frac{1}{2} \times 0.00\text{E}+00 (0.0)^2 \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \left[ \frac{1}{3} \times 90460 \cdot (3600.00)^3 - \frac{1}{8} \times 0.60 \cdot (3600.00)^4 + \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot (3600.00)^2 \right] \\
& = 0.00\text{E}+00 - 1.39\text{E}+15 \\
& = -1394295337728000.00 \text{ Nmm} \\
& -581537024640.00 \ell_1 = -1394295337728000.00 \\
& \ell_1 = 2397.60 \text{ mm} \\
& \ell_2 = X_1 - \ell_1 \\
& = 3600.00 - 2397.60 \\
& = 1202.40 \text{ mm}
\end{aligned}$$

2) Menentukan Gaya A2 dan titik berat terhadap A2



Gambar 4.38 Bidang momen (1151) untuk mencari gaya A2

$$\begin{aligned}
M_x &= -R_b \cdot x + q \cdot x \cdot \frac{1}{2} \cdot x - M_b \\
A_3 &= \int f(Mx) dx \\
&= \int_{0.0000}^{3600.0000} \left( -R_b \cdot x + \frac{1}{2} q x^2 - M_b \right) dx \\
&= \int_{0.0000}^{3600.0000} -R_b \cdot x + \frac{1}{2} q x^2 - M_b \\
&= \frac{-1}{1+1} R_b \cdot x^{1+1} + \frac{1/2}{2+1} q x^{2+1} - \frac{1}{0+1} M_b \cdot x^{0+1} \Bigg|_{0.00}^{3600.00}
\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{-1}{2} Rb \cdot x^2 + \frac{1}{6} qx^3 - \frac{1}{1} Mb \cdot x \quad \left| \begin{array}{l} 3600.00 \\ 0 \end{array} \right. \\
&= \frac{-1}{2} Rb \cdot x^2 + \frac{1}{6} qx^3 - Mb \cdot x \quad \left| \begin{array}{l} 3600.00 \\ 0 \end{array} \right. \\
&= \left( \frac{-1}{2} \times 90461.3 \cdot (3600.0)^2 + \frac{1}{6} \times 0.00 \cdot (3600.0)^3 - 0 \cdot (3600.0) \right) \\
&\quad - \left( \frac{-1}{2} \times 90461.3 \cdot (0.0)^2 + \frac{1}{6} \times 0.00 \cdot (0.0)^3 - 0 \cdot (0.0) \right) \\
&= -5.86E+11 - 0.00E+00 \\
&= -586189224000.00 \quad \text{Nmm}
\end{aligned}$$

Titik berat A1 terhadap A ( $\ell_1$ )

$$A_3 \ell = x \text{ (MX)}$$

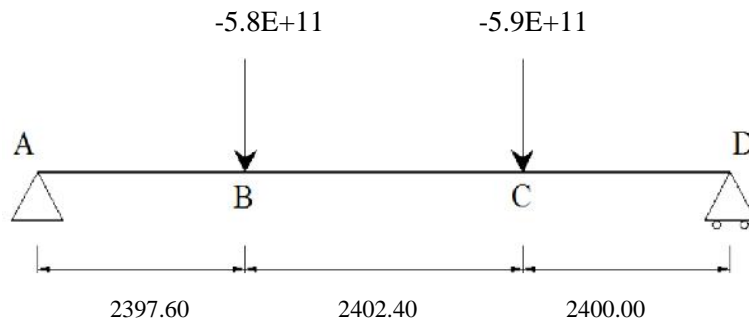
$$A_3 \ell = \int x \, d(MX)$$

$$\begin{aligned}
A_3 \ell &= \int_{0.00}^{3600.00} x \left( -Rb \cdot x + \frac{1}{2} qx^2 - Mb \right) dx \\
&= \int_0^{3600.00} -Rb \cdot x^2 + \frac{1}{2} qx^3 - Mb \cdot x^1 \\
&= \frac{-1}{2+1} Rb \cdot x^{2+1} + \frac{1/2}{3+1} qx^{3+1} - \frac{1}{1+1} Mb \cdot x^{1+1} \quad \left| \begin{array}{l} 3600.00 \\ 0.00 \end{array} \right. \\
&= \frac{-1}{3} Rb \cdot x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} Mb \cdot x^2 \quad \left| \begin{array}{l} 3600.00 \\ 0 \end{array} \right. \\
&= \frac{-1}{3} Rb \cdot x^3 + \frac{1}{8} qx^4 - \frac{1}{2} Mb \cdot x^2 \quad \left| \begin{array}{l} 3600.00 \\ 0 \end{array} \right. \\
&= \left( \frac{-1}{3} \times 90461 \cdot (3600.0)^3 + \frac{1}{8} \times 0.00 \cdot (3600.0)^4 - \frac{1}{2} \cdot 0.00E+00 \cdot (3600.0)^2 \right) \\
&\quad - \left( \frac{-1}{3} \times 90461 \cdot (0.0)^3 + \frac{1}{8} \times 0.00 \cdot (0.0)^4 - \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot (0.0) \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= -1.41\text{E}+15 - 0.00\text{E}+00 \\
 &= -1406854137600000.00 \text{ Nmm} \\
 -586189224000.00 \ell &= -1406854137600000 \\
 &= 2400.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \ell_3 &= \ell - X_2 \\
 &= 2400.00 - 3600.00 \\
 &= -1200.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \ell_4 &= X_3 - \ell_6 \\
 &= 3600.00 - -1200.00 \\
 &= 2400.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.39 Pembebanan akibat momen (1151)

Mencari reaksi :

$$\begin{aligned}
 M_f &= 0 \\
 &= R_a \times 7200 - A_1 \times 4802.40 - A_2 \times 2400.0 \\
 &= R_a \times 7200 - 5.82\text{E}+11 \times 4802.4 - 5.86\text{E}+11 \times 2400.0 \\
 &= 7200 R_a - 1.39\text{E}+15
 \end{aligned}$$

$$R_a = 1.92\text{E}+11 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 M_a &= 0 \\
 &= R_b \times 7200 + A_2 \times 4800.00 - A_1 \times 2397.60 \\
 &= R_b \times 7200 + 5.86\text{E}+11 \times 4800.00 - 5.82\text{E}+11 \times 2397.6 \\
 &= 7200 R_b + 4.21\text{E}+15
 \end{aligned}$$

$$R_b = 1.92\text{E}+11 \text{ N}$$

Menghitung momen maksimal :

$$M_a = 0 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} M_b &= R_a \times 2397.60 \\ &= 192488486400 \times 2397.60 \\ &= 4.62\text{E}+14 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_c &= R_a \times 4800.00 - A_1 \times 2397.60 \\ &= 1.92\text{E}+11 \times 4800.0 - 5.82\text{E}+11 \times 2402.40 \\ &= 2.32\text{E}+15 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_d &= R_a \times 7200.00 + A_1 \times 4802.4 - A_2 \times 2400.00 \\ &= 1.92\text{E}+11 \times 7200.00 - 5.82\text{E}+11 \times 4802.40 - \\ &\quad - 5.86\text{E}+11 \times 2400.00 \\ &= 0.00 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Mencari Inersia Balok komposit

Lengan momen Profil WF

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{2} \cdot h_{WF} + h_{pelat} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 350 + 120 = 295 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lengan momen Pelat beton

$$\begin{aligned} y &= \frac{1}{2} \cdot h_{pelat} \\ &= \frac{1}{2} \cdot 120 = 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

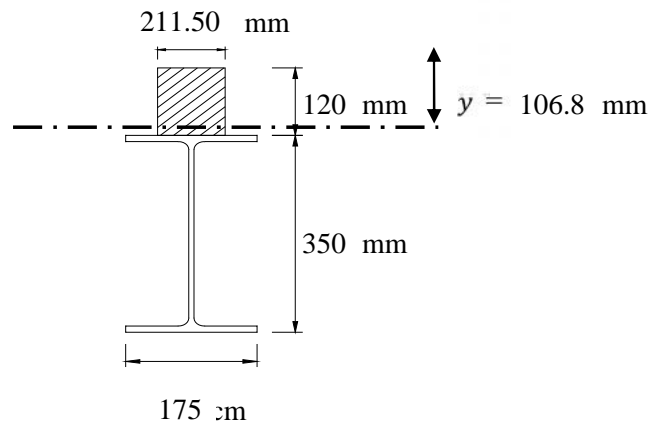
- Menentukan letak garis netral :

Tabel 4.32 Menentukan letak garis netral WF 350x150x7x11

Penampang	Luas Transformasi $A \text{ (mm}^2\text{)}$	Lengan momen y (cm)	$A \cdot y \text{ (cm}^3\text{)}$
Pelat beton	25380.00	60	1522800.00
Profil WF	6314.00	295	1862630
	31694.00		3385430.00

$$y = \frac{A \cdot y}{A} = \frac{3385430.00}{31694.00} = 106.8 \text{ mm}$$

(diukur dari bagian atas pelat)



Gambar 4.40 Garis netral untuk mencari inersia komposit

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \\
 &= \frac{1}{12} \cdot 211.50 \cdot 120^3 \\
 &= 30456000.0 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Momen Inersia Penampang dihitung dengan menggunakan teorema sumbu sejajar:

Tabel 4.33 Momen inersia penampang WF 350x150x7x11

Penampang	A (cm <sup>2</sup> )	y (mm)	I <sub>0</sub> (mm <sup>4</sup> )	$y - \bar{y}$	I <sub>0</sub> +A · d <sup>2</sup> (mm <sup>4</sup> )
				d (mm)	
Pelat beton	25380.0	60	30456000.0	46.82	86082583.91
Profil WF	6314.0	295	136000000	188.18	359598780.42
$I_{tr} =$					445681364.33

Maka, lendutan dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 i &= \frac{Mx}{E \cdot I} \\
 &= \frac{2321027115264000}{200000 \times 445681364.33} \\
 &= 17.8 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka :

$$= 20.00 \text{ mm} > i = 17.8 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

#### 4.7 Perhitungan Penampang Kolom

Hasil Output dari program Etabs (517)

$$P_u = 172098.52 \text{ kg}$$

Comb 2 :

$$M_{1x} = 2657 \text{ kgm}$$

$$M_{2x} = 5115.34 \text{ kgm}$$

$$M_{1y} = 572.99 \text{ kgm}$$

$$M_{2y} = 1011.32 \text{ kgm}$$

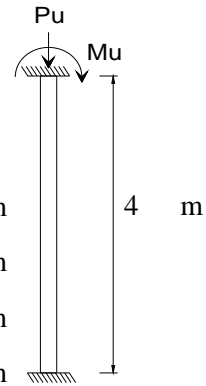
Comb 7 :

$$M_{1x} = 5111.31 \text{ kgm}$$

$$M_{2x} = 5681.83 \text{ kgm}$$

$$M_{1y} = 1284.99 \text{ kgm}$$

$$M_{2y} = 1459.01 \text{ kgm}$$

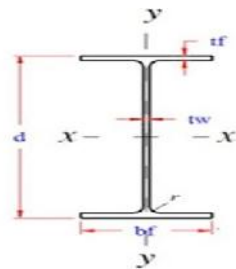


- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa

#### Kolom

Digunakan profil baja WF 350 x 350 x 12 x 19

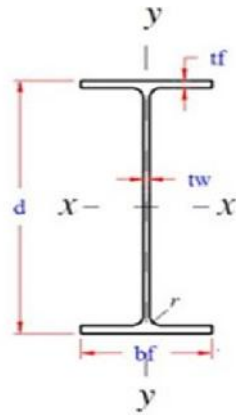
Dari tabel baja diperoleh:



$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 40300 \text{ cm}^4$
$b_f = 350 \text{ mm}$	$I_y = 13600 \text{ cm}^4$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_x = 15.2 \text{ cm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$i_y = 8.84 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 2300 \text{ cm}^3$
$A_g = 173.90 \text{ cm}^2$	$S_y = 776 \text{ cm}^3$
$w = 137 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2493.2 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 1175 \text{ cm}^3$

### Balok

Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 400$ mm	$I_x = 23700$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 200$ mm	$I_y = 1740$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 8$ mm	$i_x = 16.8$ cm
$t_f = 13$ mm	$i_y = 4.54$ cm
$r = 16$ mm	$S_x = 1190$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 84.10$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 174$ cm <sup>3</sup>
$w = 66$ kg/m	$Z_x = 1286$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 266$ cm <sup>3</sup>

### Menentukan Faktor Panjang tekuk

- Nilai K (faktor panjang efektif) kolom arah y, Kolom dianggap merupakan rangka bergoyang karena terjadi displacement akibat beban gempa.

Nilai E (modulus elastisitas) dianggap 1 karena material balok dan kolom sama

A. Mencari nilai K arah x

$G_A$  = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan jepit), nilai G diambil sebesar 1.0

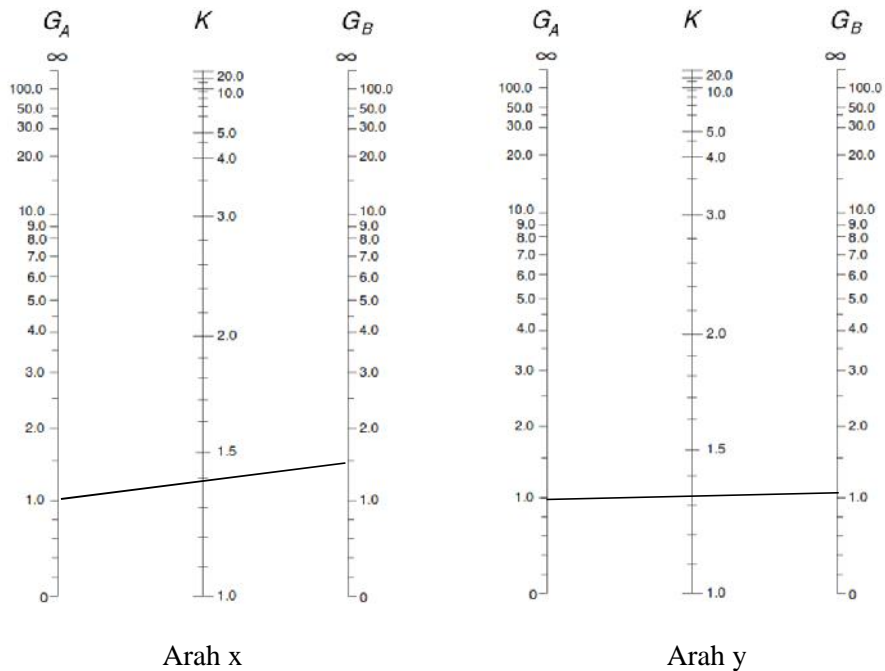
$$G_B = \frac{(EI/L)_c}{(EI/L)_b} = \frac{\left[ \frac{403000000}{4000} + \frac{403000000}{4000} \right]}{\left[ \frac{237000000}{6000} + \frac{237000000}{2400} \right]}$$
$$= 1.46$$

B. Mencari nilai K arah y

$G_A$  = Untuk kolom yang terhubung kaku pada pondasi (tumpuan

jepit), nilai G diambil sebesar 1.0

$$G_B = \frac{(EI/L)_c}{(EI/L)_b} = \frac{\left[ \frac{136000000}{4000} + \frac{136000000}{4000} \right]}{\left[ \frac{237000000}{7200} + \frac{237000000}{7200} \right]} = 1.03$$



Gambar 4.41 Alignment chart untuk menghitung K arah x dan y

Maka diperoleh nilai  $K_x = 1.39$

Maka diperoleh nilai  $K_y = 1.31$

#### A. Aksi Aksial

Menghitung Rasio kelangsingan Arah x dan Arah y

$$x = \frac{kL}{r_x} = \frac{1.39 \times 400}{15.2} = 36.58$$

$$y = \frac{kL}{r_y} = \frac{1.31 \times 400}{8.84} = 59.28$$



$$C_c = \frac{1}{r_y} \cdot \frac{kL}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{1}{59.28} \cdot \sqrt{\frac{240}{200000}} = 0.65$$

$$= \frac{1.43}{1.6 - 0.67 C_c} = \frac{1.43}{1.6 - (0.67 \times 0.65)} = 1.23$$

$$P_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{C_c}$$

$$= 17390 \cdot \frac{240}{1.23}$$

$$= 3392163.15 \text{ N} \rightarrow 339216.31 \text{ kg}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{172098.52}{0.85 \cdot 339216.31} = 0.597 > 0.2$$

## B. Aksi Momen

Mengetahui apakah penampang kompak atau tidak

- Elemen pada batang tekan aksial

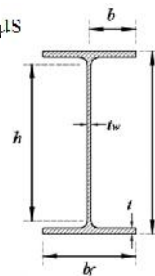
$h$  = Jarak bersih antara sayap dikurangi radius

sudut pertemuan pada setiap sayap

$$h = d - t_f - (2 \cdot r_o)$$

$$= 350 - 19 - 20$$

$$= 291 \text{ mm}$$



## Tekuk Lokal Flens

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} = \frac{175}{19} = 9.21 < \lambda_p = 0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0.56 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 16.2$$

$$\lambda_f < \lambda_p \quad \text{Kompak!}$$

### Tekuk Lokal Web

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{291}{12} = 24.3 < \lambda_p = 1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.49 \sqrt{\frac{200000}{240}} = 43.0$$
$$\lambda_f < \lambda_p \quad \text{Kompak!}$$

### Tekuk torsi lateral

(SNI 1729-2015 hal: 51-52)

- Panjang Komponen Struktur Utama

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \cdot 88,4 \cdot \sqrt{\frac{200000}{240}}$$
$$= 4491,32 \text{ mm} \rightarrow 4,49 \text{ m}$$

- Pembatas Panjang tidak dibreis/ diberi pengaku secara lateral untuk kondisi batas tekuk torsi-lateral inelastis

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \left( \frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left( \frac{0,7F_y}{E} \right)^2}$$

- Konstanta torsi

$$J = \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot b_f \cdot t_f^3 + h \cdot t_w^3 \right]$$
$$= \frac{1}{3} \cdot \left[ 2 \cdot 350 \cdot 19^3 + 350 \cdot 12^3 \right]$$
$$= 1802033,333 \text{ mm}^4$$

$$c = 1$$

$h_o$  = Jarak antar titik-titik berat sayap

$$\begin{aligned}
 &= d - t_f \\
 &= 350 - 19 \\
 &= 331 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Radius Girasi Efektif

$$\begin{aligned}
 r_{ts}^2 &= \frac{I_y \cdot h_o}{2 \cdot S_x} = \frac{136000000 \cdot 331}{2 \cdot 2300000} \\
 r_{ts}^2 &= 9786 \\
 r_{ts} &= 98.92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1.95 \cdot 98.92 \cdot \frac{200000}{0.7 \cdot 240} \\
 &\cdot \sqrt{\frac{1802033 \cdot 1}{2300000 \cdot 331} + \sqrt{\left[\frac{1802033 \cdot 1}{2300000 \cdot 331}\right]^2 + 6.76 \cdot \left[\frac{0.7 \cdot 240}{200000}\right]^2}} \\
 &= 229646.52 \cdot \sqrt{0.00237 + \sqrt{0.000005603 + 0.000004770}} \\
 &= 229646.52 \cdot \sqrt{0.00237 + \sqrt{0.000010373}} \\
 &= 229646.52 \cdot \sqrt{0.00237 + 0.00322} \\
 &= 229646.52 \cdot \sqrt{0.00559} \\
 &= 17166.3 \text{ mm} \rightarrow 17.2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } L < L_p < L_r$$

$$4 < 4.49 < 17.2 \quad \text{Kompak!}$$

maka digunakan Persamaan:

$$\begin{aligned}
 M_{n \text{ arah } x} &= M_p = Z_x \cdot f_y \\
 &= 2493200 \cdot 240
 \end{aligned}$$

$$= 598368000 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 59836.8 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$\begin{aligned} M_{n \text{ arah } y} &= M_p = Z_y \cdot f_y \\ &= 1175000 \cdot 240 \\ &= 282000000 \text{ N}\cdot\text{mm} \rightarrow 28200 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_{nx} &= 0.9 \cdot 59836.80 & \phi_b \cdot M_{ny} &= 0.9 \cdot 28200.00 \\ &= 53853.12 \text{ kg}\cdot\text{m} & &= 25380.00 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

### C. Pembesaran Momen, $\phi_b$

#### Pembesaran Momen Arah x

$$\begin{aligned} \frac{kL}{r_x} &= \frac{1.39 \times 400}{15.2} = 36.58 \\ C_m &= 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \\ &= 0.6 - 0.4 \left( \frac{2657}{5115.34} \right) = 0.39 \\ N_{e1} &= \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left( k \cdot \frac{L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 17390}{36.58^2} \\ &= 25628693.5 \text{ N} \rightarrow 2562869.35 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{0.39}{1 - \frac{172098.52}{2562869.35}} = 0.42 < 1.0$$

$$\text{Diambil } \phi_b = 1.0$$

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \phi_b \cdot M_{ntu} \\ &= 1.0 \cdot 5115.34 \\ &= 5115.34 \text{ kg}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

#### Pembesaran Momen Arah y

$$= \frac{kL}{r_y} = \frac{1.31 \times 400}{8.84} = 59.28$$

$$C_m = 0.6 - 0.4 \left( \frac{M_1}{M_2} \right)$$

$$= 0.6 - 0.4 \left( \frac{572.99}{1011.32} \right) = 0.37$$

$$N_{e1} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A_g}{\left( k \cdot \frac{L}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 17390}{59.28^2}$$

$$= 9759573.29 \text{ N} \rightarrow 975957.33 \text{ kg}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{0.37}{1 - \frac{172098.52}{975957.33}} = 0.45 < 1.0$$

Diambil  $\delta_b = 1.0$

$$M_{uy} = \delta_b \cdot M_{ntu}$$

$$= 1.0 \cdot 1011.32$$

$$= 1011.32 \text{ kg.m}$$

#### D. Pembesaran Momen, $\delta_s$

##### Pembesaran Momen Arah x

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{1}{1 - \frac{172098.52}{2562869.35}} = 1.07$$

$$M_{ux} = \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu}$$

$$= 1.0 \cdot 5115.34 + 1.07 \cdot 5681.83$$

$$= 11206.17 \text{ kg.m}$$

### Pembesaran Momen Arah y

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{N_u}{N_{u1}}} = \frac{1}{1 - \frac{172098.52}{975957.33}} = 1.21$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= \delta_b \cdot M_{ntu} + \delta_s \cdot M_{ltu} \\ &= 1.0 \cdot 1011.32 + 1.21 \cdot 1459.01 \\ &= 2782.69 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$0.597 + \frac{8}{9} \left( \frac{11206.17}{53853.12} + \frac{2782.69}{25380.00} \right) = 0.88 < 1.0 \quad \text{Ok!}$$

## 4.8 Perhitungan Desain Sambungan

### 4.8.1 Perhitungan Sambungan End plate Balok-Kolom pada Flens

A. Hasil Output dari program Etabs balok 400x200x8x13

$$M_u = 26971.64 \text{ kgm}$$

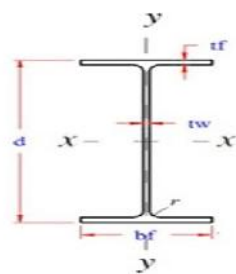
$$V_u = 22901.33 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Baut yang digunakan : A325
- Kuat tarik minimum  $f_{ub}$  : 620 MPa
- Tegangan geser baut  $f_{nv}$  : 372 MPa (geser pada ulir drat)
- Diameter baut  $\emptyset$  : 24 mm
- Luas baut  $A_b$  :  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 452.57 \text{ mm}^2$
- Tebal pelat rencana : 18 mm

### Kolom

Digunakan profil baja WF 350 x 350 x 12 x 19

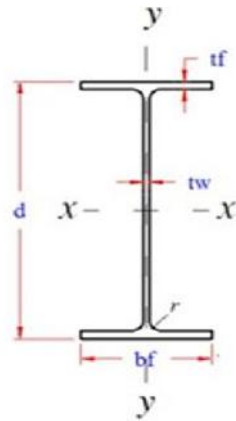
Dari tabel baja diperoleh:



$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 40300 \text{ cm}^4$
$b_f = 350 \text{ mm}$	$I_y = 13600 \text{ cm}^4$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_x = 15.2 \text{ cm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$i_y = 8.84 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 2300 \text{ cm}^3$
$A_g = 173.90 \text{ cm}^2$	$S_y = 776 \text{ cm}^3$
$w = 137 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2493.2 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 1175 \text{ cm}^3$

### Balok

Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 400$ mm	$I_x = 23700$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 200$ mm	$I_y = 1740$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 8$ mm	$i_x = 16.8$ cm
$t_f = 13$ mm	$i_y = 4.54$ cm
$r = 16$ mm	$S_x = 1190$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 84.10$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 174$ cm <sup>3</sup>
$w = 66$ kg/m	$Z_x = 1286$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 266$ cm <sup>3</sup>

### Kuat Nominal tumpu

- Pada lubang baut bagian tebal pelat End-Plate

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_f \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{n \text{ End-Plate}} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 370 = 239760.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ End-Plate}} = 0.75 \cdot 239760.00 = 179820.00 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian flens dari kolom:

$$\begin{aligned} R_{n \text{ flens}} &= 2.4 \cdot d_b \cdot t_f \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 24 \cdot 19 \cdot 370 = 404928.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ flens}} = 0.75 \cdot 404928.00 = 303696.00 \text{ N}$$

diambil kuat nominal tumpu yang terkecil = 179820.00 N

$$= 17982.00 \text{ kg}$$

### Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 452.57 \cdot 1 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= 168356.57 \text{ N} \rightarrow 16835.7 \text{ kg} \\
 &= 16835.7 \text{ kg/baut} \\
 \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 16835.7 \\
 &= 12626.7 \text{ kg/baut}
 \end{aligned}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

### Perhitungan Jumlah Baut

$$\text{Balok induk ; } n = \frac{22901.33}{12626.74} = 1.81 \approx 2 \text{ buah baut}$$

Di gunakan 8 buah baut

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv} \\
 &= \frac{22901.33}{8} = 2862.67 \text{ kg} < 12626.7 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

#### - Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum  $S_I$  untuk baut  $\varnothing 24 = 30 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_I < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < S_I < 4 \cdot 18 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < 30 < 172 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka  $S_I = P_t = 30 \text{ mm}$

#### - Jarak antara baut $S$ untuk baut $\varnothing 24$

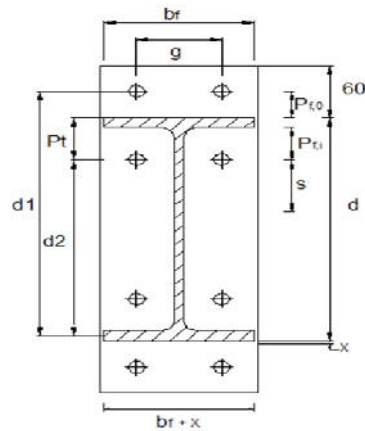
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$32 < S < 15 \cdot 18 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$32 < \mathbf{60} < 270 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 60 \text{ mm}$$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum

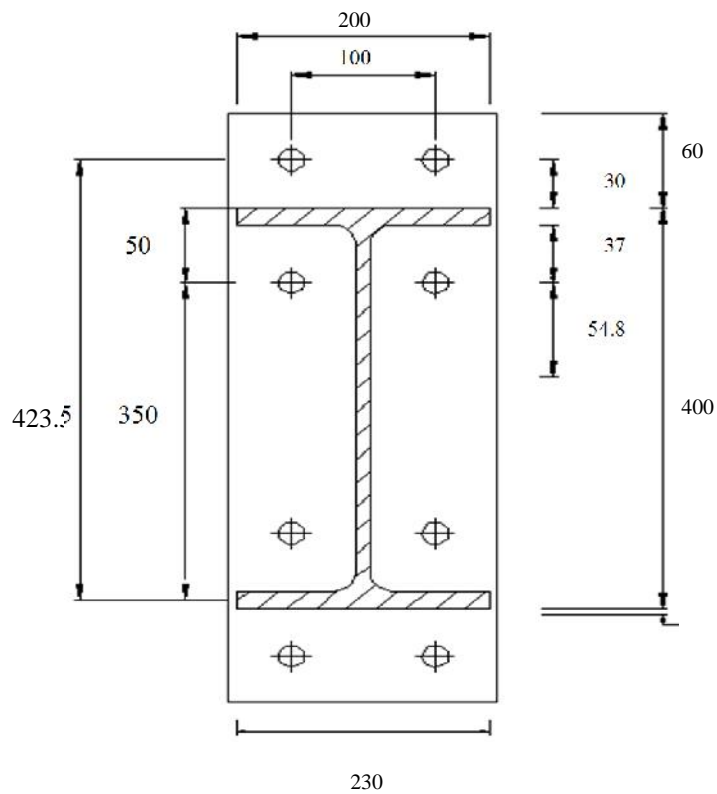


$$\begin{aligned} M_u &= 269716400.00 \text{ Nmm} & P_{f,o} &= 30 \text{ mm} \\ F_{py} &= 240 \text{ Mpa} & P_{f,i} &= P_t - t_f \\ &= 0.9 & &= 50 - 13 \\ p_t &= 50 \text{ mm} & &= 31 \text{ mm} \\ g &= 60 \text{ mm} & b_f &= 200 \text{ mm} \\ d &= 400 \text{ mm} & x &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} \cdot b_f \cdot g \\ &= \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 60 = 54.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.42 Tata letak baut pada end plate (flens) WF 400x200x8x13

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p = \left[ \frac{M_u / F_{py}}{\left[ \frac{b_f}{2} \cdot \left[ \frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{s} \right] + \left[ P_{fi} + s \right] \frac{2}{g} \right] \left[ d - pt \right] + \frac{b_f}{2} \left[ \frac{d}{P_{fo}} - \frac{1}{2} \right]} \right]^{1/2}$$

$$t_p = \left[ \frac{269716400 / 0.9 \cdot 240}{\left[ \frac{200}{2} \cdot \left[ \frac{1}{31} + \frac{1}{###} \right] + \left[ 31 + ### \right] \frac{2}{60} \right] \left[ 400 - 50 \right] + \frac{200}{2} \left[ \frac{400}{30} - \frac{1}{2} \right]} \right]^{1/2}$$

$$t_p = \left[ \frac{1248687.037}{2768.72 + 1383.33} \right]^{1/2} = 17.34 \text{ mm} < 18 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned} d1 &= \left[ d + P_{fo} \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= \left[ 400 - 30 \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= 423.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= \left[ d - P_t \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= \left[ 400 - 50 \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= 350.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

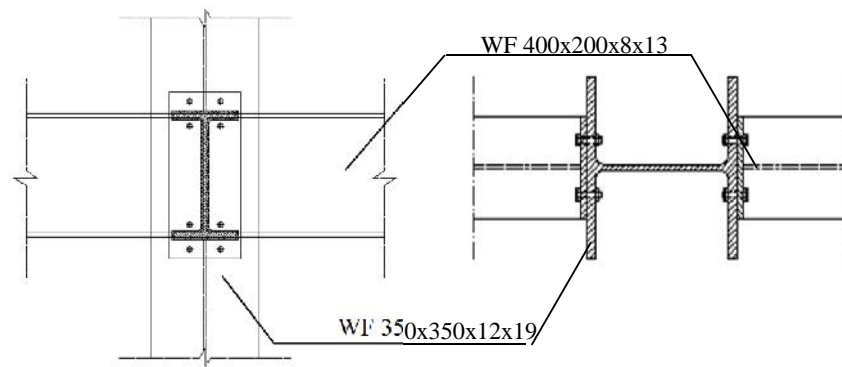
$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 452.57 \cdot 620 \\ &= 280594.29 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned} M_{np} &= \cdot P_t (d_1 + d_2) \\ &= \cdot 280594.29 \cdot (423.50 + 350.00) \\ &= 434079360.0 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 434079360.0 \\ &= 325559520.0 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

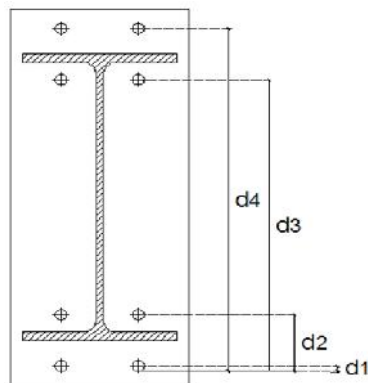
Syarat:

$$\begin{aligned} \cdot M_{np} &> M_u \\ 32556.0 &> 26971.6 \quad \text{..... OK!} \end{aligned}$$



Gambar 4.43 Gambar sambungan end plate (flens)

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$d_4 = 472 \text{ mm}$$

$$d_3 = 392 \text{ mm}$$

$$d_2 = 92 \text{ mm}$$

$$d_1 = 12 \text{ mm}$$

$$d_t = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$= 12 + 92 + 392 + 472$$

$$= 968 \text{ mm}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{26971.64 \cdot 0.012}{0.968^2} = 345.41 \text{ kg}$$

$$= 3454.12 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{26971.64 \cdot 0.092}{0.968^2} = 2648.16 \text{ kg}$$

$$= 26481.61 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{26971.64 \cdot 0.392}{0.968^2} = 11283.47 \text{ kg}$$

$$= 112834.71 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_4}{d_t^2} = \frac{26971.64 \cdot 0.472}{0.968^2} = 13586.22 \text{ kg}$$

$$= 135862.20 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 452.57 \cdot 620 \\ &= 280594.29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 280594.29 \\ &= 210445.71 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut maka

$$\begin{aligned} &= 2 \cdot T_d \\ &= 2 \cdot 210445.71 \\ &= 420891.43 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$T_u < T_d$$

$$\begin{aligned} T_{u1} &= 3454.12 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u2} &= 26481.61 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u3} &= 112834.71 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u4} &= 135862.20 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \end{aligned}$$

- **Kontrol Kekuatan baut terhadap Momen**

$$\begin{aligned} T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 3454.12 + 26481.61 + 112834.71 + 135862.20 \\ &= 278632.64 \text{ N} \approx 27863.26 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_d \cdot d_1 = 420891.43 \cdot 12 = 5050697.14 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 420891.43 \cdot 92 = 38722011.4 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 420891.43 \cdot 392 = 164989440 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 420891.43 \cdot 472 = 198660754 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 407422902.9 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$a = \frac{T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{278632.6}{240 \cdot 230} = 5.05 \text{ mm}$$

- Momen Rencana yang dipikul oleh sambungan

$$\begin{aligned} M_R = \cdot M_n &= \frac{0.9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T d \cdot d_i \\ &= \frac{0.9 \cdot 240 \cdot 5.05^2 \cdot 230}{2} + 407422902.9 \\ &= 408055806 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} M_u &< \cdot M_n \\ 26971.64 &< 40805.58 \quad \text{..... Ok!} \end{aligned}$$

- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014 } f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

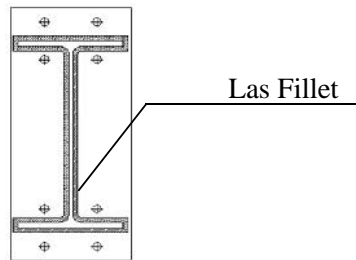
$$\text{tebal las rencana} = 9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 9 \\ &= 6.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 200) + (4 \cdot 13) + (2 \cdot \cdot 16) + (2 \cdot (200 - 8 - 2 \cdot 16)) \\ &\quad + (2 \cdot (400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 16)) \\ &= 1556.57 \text{ mm} \end{aligned}$$



Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1556.57 \cdot 6.36 \\
 &= 9904 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per  $\text{mm}^2$

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 9904.5 \\
 &= 3006995.27 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 3006995.27 \\
 &= 2255246.45 \text{ N} \rightarrow 225524.65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}
 F &= A_s \cdot f_y \\
 &= 8410.00 \cdot 240 \\
 &= 2018400.00 \text{ N} \rightarrow 201840.00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > F$$

$$225524.65 \text{ kg} > 201840.00 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}$$



**B. Hasil Output dari program Etabs balok 450x200x9x14**

$$M_u = 31200.32 \text{ kgm}$$

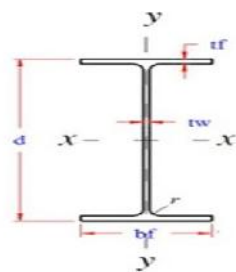
$$V_u = 27562.65 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Baut yang digunakan : A325
- Kuat tarik minimum  $f_{ub}$  : 620 MPa
- Tegangan geser baut  $f_{nv}$  : 372 MPa (geser pada ulir drat)
- Diameter baut  $\emptyset$  : 24 mm
- Luas baut  $A_b$  :  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 452.57 \text{ mm}^2$
- Tebal pelat rencana : 18 mm

**Kolom**

Digunakan profil baja WF 350 x 350 x 12 x 19

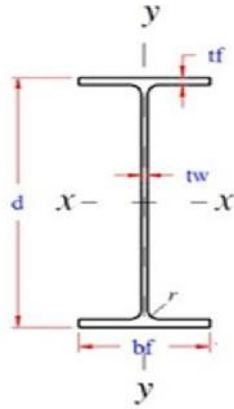
Dari tabel baja diperoleh:



$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 40300 \text{ cm}^4$
$b_f = 350 \text{ mm}$	$I_y = 13600 \text{ cm}^4$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_x = 15.2 \text{ cm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$i_y = 8.84 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 2300 \text{ cm}^3$
$A_g = 173.90 \text{ cm}^2$	$S_y = 776 \text{ cm}^3$
$w = 137 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2493.2 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 1175 \text{ cm}^3$

## Balok

Digunakan profil baja WF 450 x 200 x 9 x 14



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 450$ mm	$I_x = 33500$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 200$ mm	$I_y = 1870$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 9$ mm	$i_x = 18.6$ cm
$t_f = 14$ mm	$i_y = 4.4$ cm
$r = 18$ mm	$S_x = 1490$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 96.80$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 187$ cm <sup>3</sup>
$w = 76$ kg/m	$Z_x = 1621.5$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 288.5$ cm <sup>3</sup>

## Kuat Nominal tumpu

- Pada lubang baut bagian tebal pelat End-Plate

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_f \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{n \text{ End-Plate}} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 30 \cdot 18 \cdot 370 = 239760.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ End-Plate}} = 0.75 \cdot 239760.00 = 179820.00 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian flens dari kolom:

$$\begin{aligned} R_{n \text{ flens}} &= 2.4 \cdot d_b \cdot t_f \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 24 \cdot 19 \cdot 370 = 404928.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ flens}} = 0.75 \cdot 404928.00 = 303696.00 \text{ N}$$

diambil kuat nominal tumpu yang terkecil = 179820.00 N

$$= 17982.00 \text{ kg}$$

## Kuat Nominal Geser baut dengan 1 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 452.57 \cdot 1 \end{aligned}$$

$$= 168356.57 \text{ N} \rightarrow 16835.7 \text{ kg}$$

$$= 16835.7 \text{ kg/baut}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 16835.7$$

$$= 12626.7 \text{ kg/baut}$$

Maka tahanan Geser menentukan!

### Perhitungan Jumlah Baut

$$\text{Balok induk ; } n = \frac{27562.65}{12626.74} = 2.18 \approx 3 \text{ buah baut}$$

Di gunakan 8 buah baut

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$V_u = \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv}$$

$$= \frac{27562.65}{8} = 3445.33 \text{ kg} < 12626.7 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum  $S_I$  untuk baut  $\varnothing 24 = 30 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_I < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < S_I < 4 \cdot 18 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < 30 < 172 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka  $S_I = P_t = 30 \text{ mm}$

- Jarak antara baut  $S$  untuk baut  $\varnothing 24$

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$32 < S < 15 \cdot 18 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka  $S = P_b = 60 \text{ mm}$

Menentukan jarak u

179

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p = \left[ \frac{\text{Mu} / F_{py}}{\left[ \frac{b_f}{2} \cdot \left[ \frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{s} \right] + \left[ P_{fi} + s \right] \frac{2}{g} \right] \left[ d - pt \right] + \frac{b_f}{2} \left[ \frac{d}{P_{fo}} - \frac{1}{2} \right]} \right]^{1/2}$$

$$t_p = \left[ \frac{312003200 / 0.9 \cdot 240}{\left[ \frac{200}{2} \cdot \left[ \frac{1}{31} + \frac{1}{###} \right] + \left[ 31 + ### \right] \frac{2}{60} \right] \left[ 450 - 50 \right] + \frac{200}{2} \left[ \frac{450}{30} - \frac{1}{2} \right]} \right]^{1/2}$$

$$t_p = \left[ \frac{1444459.259}{3164.25 + 1550.00} \right]^{1/2} = 17.5 \text{ mm} < 18 \text{ mm} \dots\dots \text{ Ok!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned} d1 &= \left[ d + P_{fo} \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 14 \right) \\ &= \left[ 450 - 30 \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 14 \right) \\ &= 473.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= \left[ d - P_t \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 14 \right) \\ &= \left[ 450 - 50 \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 14 \right) \\ &= 400.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

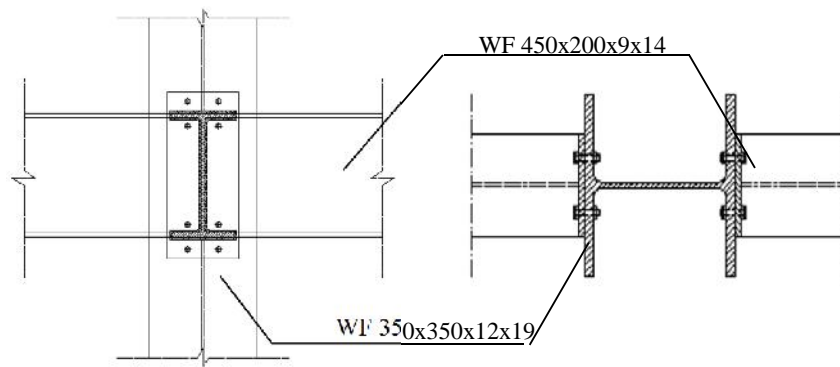
$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 452.57 \cdot 620 \\ &= 280594.29 \text{ N} \end{aligned}$$

- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned} M_{np} &= \cdot P_t (d_1 + d_2) \\ &= \cdot 280594.29 \cdot (473.00 + 400.00) \\ &= 489917622.9 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 489917622.9 \\ &= 367438217.1 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

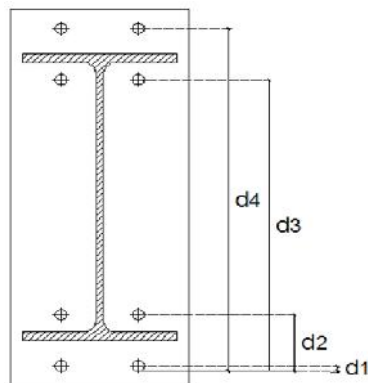
Syarat:

$$\begin{aligned} \cdot M_{np} &> M_u \\ 36743.8 &> 31200.3 \quad \text{..... OK!} \end{aligned}$$



Gambar 4.45 Gambar sambungan end plate (flens)

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$d_4 = 522 \text{ mm}$$

$$d_3 = 442 \text{ mm}$$

$$d_2 = 92 \text{ mm}$$

$$d_1 = 12 \text{ mm}$$

$$d_t = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$= 12 + 92 + 442 + 522$$

$$= 1068 \text{ mm}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{31200.32 \cdot 0.012}{1.068^2} = 328.24 \text{ kg}$$

$$= 3282.45 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{31200.32 \cdot 0.092}{1.068^2} = 2516.54 \text{ kg}$$

$$= 25165.43 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{31200.32 \cdot 0.442}{1.068^2} = 12090.35 \text{ kg}$$

$$= 120903.48 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_4}{d_t^2} = \frac{31200.32 \cdot 0.522}{1.068^2} = 14278.65 \text{ kg}$$

$$= 142786.47 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 452.57 \cdot 620 \\ &= 280594.29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 280594.29 \\ &= 210445.71 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut maka

$$\begin{aligned} &= 2 \cdot T_d \\ &= 2 \cdot 210445.71 \\ &= 420891.43 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$T_u < T_d$$

$$\begin{aligned} T_{u1} &= 3282.45 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u2} &= 25165.43 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u3} &= 120903.48 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u4} &= 142786.47 < 420891.43 \text{ ..... Ok!} \end{aligned}$$

- **Kontrol Kekuatan baut terhadap Momen**

$$\begin{aligned} T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 3282.45 + 25165.43 + 120903.48 + 142786.47 \\ &= 292137.83 \text{ N} \approx 29213.78 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_d \cdot d_1 = 420891.43 \cdot 12 = 5050697.14 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 420891.43 \cdot 92 = 38722011.4 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 420891.43 \cdot 442 = 186034011 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 420891.43 \cdot 522 = 219705326 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 449512045.7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$



$$a = \frac{T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{292137.8}{240 \cdot 230} = 5.29 \text{ mm}$$

- Momen Rencana yang dipikul oleh sambungan

$$\begin{aligned} M_R = M_n &= \frac{0.9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T d \cdot d_i \\ &= \frac{0.9 \cdot 240 \cdot 5.29^2 \cdot 230}{2} + 449512045.7 \\ &= 450207789 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} M_u &< M_n \\ 31200.32 &< 45020.78 \quad \text{..... Ok!} \end{aligned}$$

- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014 } f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

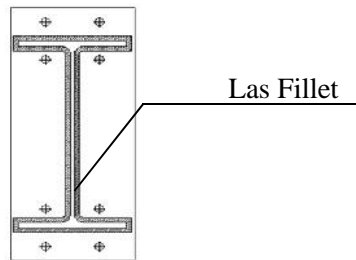
$$\text{tebal las rencana} = 9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 9 \\ &= 6.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 200) + (4 \cdot 14) + (2 \cdot 18) + (2 \cdot (200 - 9 - 2 \cdot 18)) \\ &\quad + (2 \cdot (450 - 2 \cdot 14 - 2 \cdot 18)) \\ &= 1651.14 \text{ mm} \end{aligned}$$



Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1651.14 \cdot 6.36 \\
 &= 10506 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per  $\text{mm}^2$

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 10506.2 \\
 &= 3189689.00 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 3189689.00 \\
 &= 2392266.75 \text{ N} \rightarrow 239226.67 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}
 F &= A_s \cdot f_y \\
 &= 9680.00 \cdot 240 \\
 &= 2323200.00 \text{ N} \rightarrow 232320.00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > F$$

$$239226.67 \text{ kg} > 232320.00 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}$$

#### 4.8.2 Perhitungan Sambungan End plate Balok-Kolom pada Web Profil

Hasil Output dari program Etabs balok (1106)

$$M_u = 6354.57 \text{ kgm}$$

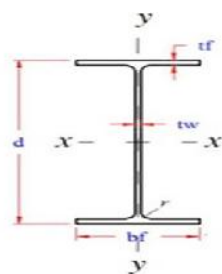
$$V_u = 4025.55 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Baut yang digunakan : A325
- Kuat tarik minimum  $f_{ub}$  : 620 MPa
- Tegangan geser baut  $f_{nv}$  : 372 MPa (geser pada ulir drat)
- Diameter baut  $\emptyset$  : 20 mm
- Luas baut  $A_b$  :  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 314.29 \text{ mm}^2$
- Tebal pelat rencana : 10 mm

#### Kolom

Digunakan profil baja WF 350 x 350 x 12 x 19

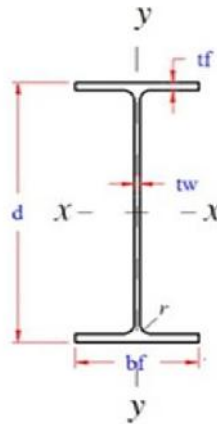
Dari tabel baja diperoleh:



$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 40300 \text{ cm}^4$
$b_f = 350 \text{ mm}$	$I_y = 13600 \text{ cm}^4$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_x = 15.2 \text{ cm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$i_y = 8.84 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 2300 \text{ cm}^3$
$A_g = 173.90 \text{ cm}^2$	$S_y = 776 \text{ cm}^3$
$w = 137 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2493.2 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 1175 \text{ cm}^3$

### Balok

Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 400$ mm	$I_x = 23700$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 200$ mm	$I_y = 1740$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 8$ mm	$i_x = 16.8$ cm
$t_f = 13$ mm	$i_y = 4.54$ cm
$r = 16$ mm	$S_x = 1190$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 84.10$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 174$ cm <sup>3</sup>
$w = 66$ kg/m	$Z_x = 1286$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 266$ cm <sup>3</sup>

### Kuat Nominal tumpu

- Pada lubang baut bagian tebal pelat End-Plate

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_f \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{n \text{ End-Plate}} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 30 \cdot 10 \cdot 370 = 133200.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ End-Plate}} = 0.75 \cdot 133200.00 = 99900.00 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian web dari kolom:

$$\begin{aligned} R_{n \text{ web}} &= 2.4 \cdot d_b \cdot t_f \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 20 \cdot 12 \cdot 370 = 213120.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ web}} = 0.75 \cdot 213120.00 = 159840.00 \text{ N}$$

diambil kuat nominal tumpu yang terkecil = 99900.00 N

$$= 9990.00 \text{ kg}$$

### Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$R_{nv} = f_{nv} \cdot A_b \cdot m$$

$$= 372 \cdot 314.29 \cdot 2$$

$$= 233828.57 \text{ N} \rightarrow 23382.9 \text{ kg}$$

$$= 23382.9 \text{ kg/baut}$$

$$\cdot R_{nv} = 0.75 \cdot 23382.9$$

$$= 17537.1 \text{ kg/baut}$$

Maka tahanan Tumpu menentukan!

### Perhitungan Jumlah Baut

$$\text{Balok induk ; } n = \frac{4025.55}{9990.00} = 0.4 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Di gunakan 8 buah baut

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$V_u = \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv}$$

$$= \frac{4025.55}{8} = 503.194 \text{ kg} < 17537.1 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

- Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum  $S_I$  untuk baut  $\varnothing 20 = 26 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_I < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$26 < S_I < 4 \cdot 10 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$26 < 30 < 140 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka  $S_I = P_t = 30 \text{ mm}$

- Jarak antara baut  $S$  untuk baut  $\varnothing 20$

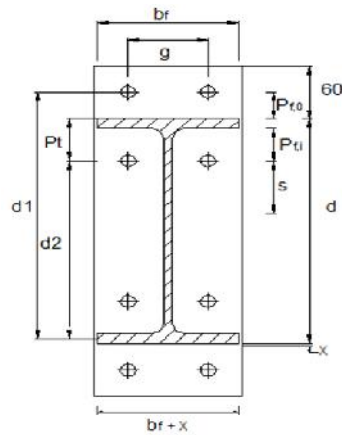
$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$26.7 < S < 15 \cdot 10 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$26.7 < \mathbf{60} < 150 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 60 \text{ mm}$$

- Perhitungan tebal pelat ujung minimum

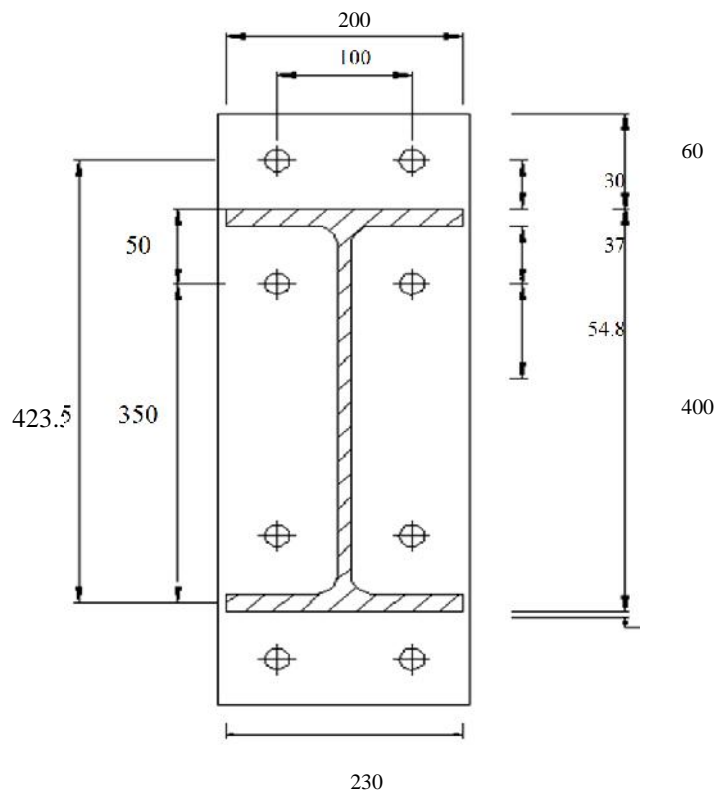


$$\begin{aligned} M_u &= 63545700.00 \text{ Nmm} & P_{f,o} &= 30 \text{ mm} \\ F_{py} &= 240 \text{ Mpa} & P_{f,i} &= P_t - t_f \\ &= 0.9 & &= 50 - 13 \\ p_t &= 50 \text{ mm} & &= 31 \text{ mm} \\ g &= 60 \text{ mm} & b_f &= 200 \text{ mm} \\ d &= 400 \text{ mm} & x &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menentukan jarak u

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2} \cdot b_f \cdot g \\ &= \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot 60 = 54.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dimensi yang diperoleh



Gambar 4.46 Tata letak baut pada end plate (web) WF 400x200x8x13

- Estimasi Tebal minimum pelat End-Plate :

$$t_p = \left[ \frac{M_u / F_{py}}{\left[ \frac{b_f}{2} \cdot \left[ \frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{s} \right] + \left[ P_{fi} + s \right] \frac{2}{g} \right] \left[ d - pt \right] + \frac{b_f}{2} \left[ \frac{d}{P_{fo}} - \frac{1}{2} \right]} \right]^{1/2}$$

$$t_p = \left[ \frac{63545700 / 0.9 \cdot 240}{\left[ \frac{200}{2} \cdot \left[ \frac{1}{31} + \frac{1}{###} \right] + \left[ 31 + ### \right] \frac{2}{60} \right] \left[ 400 - 50 \right] + \frac{200}{2} \left[ \frac{400}{30} - \frac{1}{2} \right]} \right]^{1/2}$$

$$t_p = \left[ \frac{294193.0556}{2768.72 + 1383.33} \right]^{1/2} = 8.418 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{Ok!}$$

- Kuat sambungan didasarkan pada baut tanpa efek prying

$$\begin{aligned} d1 &= \left[ d + P_{fo} \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= \left[ 400 - 30 \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= 423.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= \left[ d - P_t \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= \left[ 400 - 50 \right] - \left( \frac{1}{2} \cdot 13 \right) \\ &= 350.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan tarik nominal baut

$$\begin{aligned} P_t &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 314.29 \cdot 620 \\ &= 194857.14 \text{ N} \end{aligned}$$

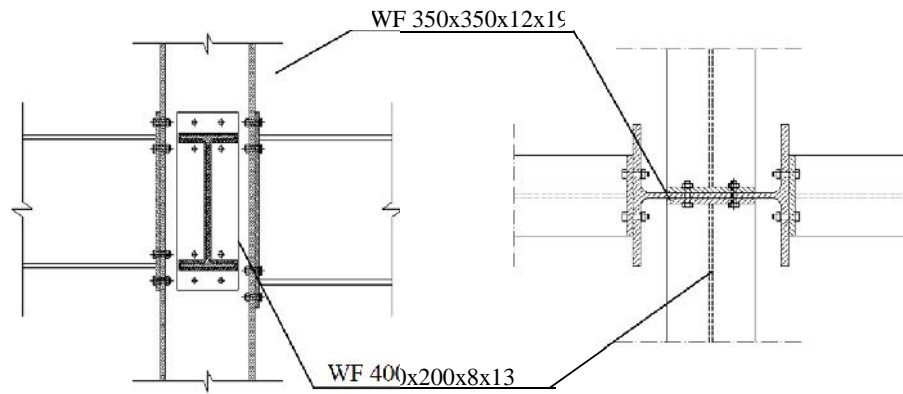
- Kapasitas Sambungan End-Plate didasarkan kekuatan baut tanpa efek prying/ congkel

$$\begin{aligned} M_{np} &= \cdot P_t (d_1 + d_2) \\ &= \cdot 194857.14 \cdot (423.50 + 350.00) \\ &= 301444000.0 \text{ N}\cdot\text{mm} \\ \cdot M_{np} &= 0.75 \cdot 301444000.0 \\ &= 226083000.0 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat:

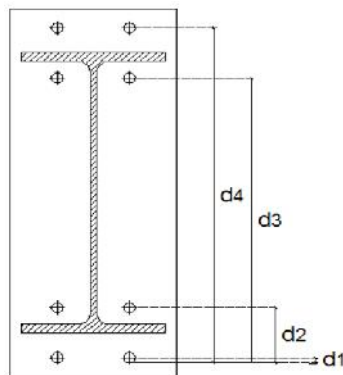
$$\begin{aligned} \cdot M_{np} &> M_u \\ 22608.3 &> 6354.6 \quad \text{..... OK!} \end{aligned}$$





Gambar 4.47 Gambar sambungan end plate

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Tarik



$$d_4 = 470 \text{ mm}$$

$$d_3 = 390 \text{ mm}$$

$$d_2 = 90 \text{ mm}$$

$$d_1 = 10 \text{ mm}$$

$$d_t = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$= 10 + 90 + 390 + 470$$

$$= 960 \text{ mm}$$

- Gaya tarik Perlu

$$T_{u1} = \frac{M_u \cdot d_1}{d_t^2} = \frac{6354.57 \cdot 0.010}{0.96^2} = 68.95 \text{ kg}$$

$$= 689.51 \text{ N}$$

$$T_{u2} = \frac{M_u \cdot d_2}{d_t^2} = \frac{6354.57 \cdot 0.090}{0.96^2} = 620.56 \text{ kg}$$

$$= 6205.63 \text{ N}$$

$$T_{u3} = \frac{M_u \cdot d_3}{d_t^2} = \frac{6354.57 \cdot 0.390}{0.96^2} = 2689.11 \text{ kg}$$

$$= 26891.08 \text{ N}$$

$$T_{u4} = \frac{M_u \cdot d_4}{d_t^2} = \frac{6354.57 \cdot 0.470}{0.96^2} = 3240.72 \text{ kg}$$

$$= 32407.20 \text{ N}$$

- Gaya tarik 1 baut

$$\begin{aligned} T_b &= A_b \cdot f_{ub} \\ &= 314.29 \cdot 620 \\ &= 194857.14 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_d &= \cdot T_b \\ &= 0.75 \cdot 194857.14 \\ &= 146142.86 \text{ N} \end{aligned}$$

Karena dalam 1 baris terdiri dari 2 baut maka

$$\begin{aligned} &= 2 \cdot T_d \\ &= 2 \cdot 146142.86 \\ &= 292285.71 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$T_u < T_d$$

$$\begin{aligned} T_{u1} &= 689.51 < 292285.71 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u2} &= 6205.63 < 292285.71 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u3} &= 26891.08 < 292285.71 \text{ ..... Ok!} \\ T_{u4} &= 32407.20 < 292285.71 \text{ ..... Ok!} \end{aligned}$$

- **Kontrol Kekuatan baut terhadap Momen**

$$\begin{aligned} T &= T_{u1} + T_{u2} + T_{u3} + T_{u4} \\ &= 689.51 + 6205.63 + 26891.08 + 32407.20 \\ &= 66193.44 \text{ N} \approx 6619.34 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T_d \cdot d_1 = 292285.71 \cdot 10 = 2922857.14 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_2 = 292285.71 \cdot 90 = 26305714.3 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_3 = 292285.71 \cdot 390 = 113991429 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$T_d \cdot d_4 = 292285.71 \cdot 470 = 137374286 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\sum_{i=1}^n T_d \cdot d_i = 280594285.7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$a = \frac{T}{f_{yp} \cdot b} = \frac{66193.4}{240 \cdot 230} = 1.2 \text{ mm}$$

- Momen Rencana yang dipikul oleh sambungan

$$\begin{aligned} M_R = \cdot M_n &= \frac{0.9 \cdot f_{yp} \cdot a^2 \cdot b}{2} + \sum_{i=1}^n T d \cdot d_i \\ &= \frac{0.9 \cdot 240 \cdot 1.2^2 \cdot 230}{2} + 280594285.7 \\ &= 280630005 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\begin{aligned} M_u &< \cdot M_n \\ 6354.57 &< 28063.00 \quad \dots\dots\dots \text{Ok!} \end{aligned}$$

- **Perhitungan las fillet pada penghubung geser :**

$$\text{electrode E7014 } f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$$

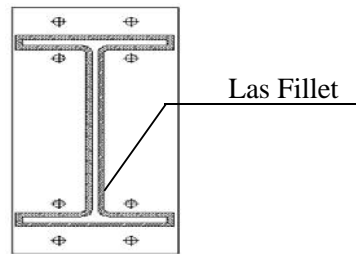
$$\text{tebal las rencana} = 9 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} t_e &= 0.707 a \\ &= 0.707 \cdot 9 \\ &= 6.36 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas (L)

$$\begin{aligned} L &= (2 \cdot b_f) + (4 \cdot t_f) + (2 \cdot \cdot r_o) + (2 \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)) \\ &\quad + (2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)) \\ &= (2 \cdot 200) + (4 \cdot 13) + (2 \cdot \cdot 16) + (2 \cdot (200 - 8 - 2 \cdot 16)) \\ &\quad + (2 \cdot (400 - 2 \cdot 13 - 2 \cdot 16)) \\ &= 1556.57 \text{ mm} \end{aligned}$$



Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}
 A_{we} &= L \cdot t_e \\
 &= 1556.57 \cdot 6.36 \\
 &= 9904 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las per  $\text{mm}^2$

$$\begin{aligned}
 f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\
 &= 0.60 \cdot 506 \\
 &= 303.60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}
 R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\
 &= 303.60 \cdot 9904.5 \\
 &= 3006995.27 \text{ N} \\
 \cdot R_n &= 0.75 \cdot 3006995.27 \\
 &= 2255246.45 \text{ N} \rightarrow 225524.65 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}
 F &= A_s \cdot f_y \\
 &= 8410.00 \cdot 240 \\
 &= 2018400.00 \text{ N} \rightarrow 201840.00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\cdot R_{nw} > F$$

$$225524.65 \text{ kg} > 201840.00 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}$$

#### 4.8.3 Perhitungan Sambungan Balok Induk-Balok Anak

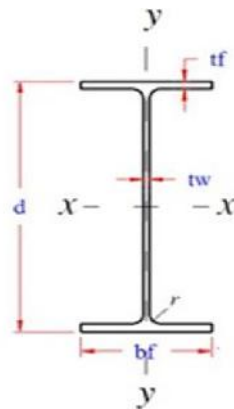
Hasil Output dari program Etabs balok anak WF 350x175x7x11 (1151)

$$M_u = 0 \text{ kgm}$$

$$V_u = 9046.02 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Baut yang digunakan : A325
- Kuat tarik minimum  $f_{ub}$  : 620 MPa
- Tegangan geser baut  $f_{nv}$  : 372 MPa (geser pada ulir drat)
- Diameter baut  $\emptyset$  : 22 mm
- Luas baut  $A_b$  :  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 380.29 \text{ mm}^2$

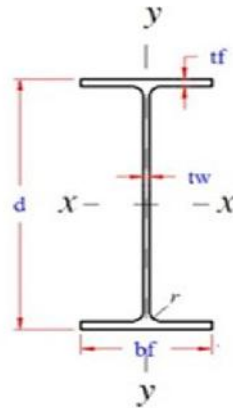
Digunakan profil baja WF 400 x 200 x 8 x 13



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 400 \text{ mm}$	$I_x = 23700 \text{ cm}^4$
$b_f = 200 \text{ mm}$	$I_y = 1740 \text{ cm}^4$
$t_w = 8 \text{ mm}$	$i_x = 16.8 \text{ cm}$
$t_f = 13 \text{ mm}$	$i_y = 4.54 \text{ cm}$
$r = 16 \text{ mm}$	$S_x = 1190 \text{ cm}^3$
$A_g = 84.10 \text{ cm}^2$	$S_y = 174 \text{ cm}^3$
$w = 66 \text{ kg/m}$	$Z_x = 1286 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 266 \text{ cm}^3$

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 350$ mm	$I_x = 13600$ cm <sup>4</sup>
$b_f = 175$ mm	$I_y = 984$ cm <sup>4</sup>
$t_w = 7$ mm	$i_x = 14.7$ cm
$t_f = 11$ mm	$i_y = 3.95$ cm
$r = 14$ mm	$S_x = 775$ cm <sup>3</sup>
$A_g = 63.14$ cm <sup>2</sup>	$S_y = 112$ cm <sup>3</sup>
$w = 49.6$ kg/m	$Z_x = 840.8$ cm <sup>3</sup>
	$Z_y = 172.5$ cm <sup>3</sup>

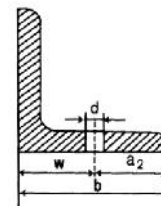
digunakan pelat siku sebagai penyambung 80 x 80 x 8

dimensi penampang  $b = 80$  mm

$t = 8$  mm

Penampang yang di lemahkan  $w = 40$  mm

$d = 23$  mm



### Kuat Nominal tumpu

- Pada lubang baut bagian tebal pelat siku

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{n \text{ Siku}} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 370 = 142080.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ Siku}} = 0.75 \cdot 142080.00 = 106560.00 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian web dari Balok:

$$\begin{aligned} R_{n \text{ web}} &= 2.4 \cdot d_b \cdot t_w \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 22 \cdot 7 \cdot 370 = 136752.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ web}} = 0.75 \cdot 136752.00 = 102564.00 \text{ N}$$

diambil kuat nominal tumpu yang terkecil = 102564.00 N

$$= 10256.40 \text{ kg}$$

### Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$\begin{aligned}R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\&= 372 \cdot 380.29 \cdot 2 \\&= 282932.57 \text{ N} \rightarrow 28293.3 \text{ kg} \\&= 28293.3 \text{ kg/baut} \\ \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 28293.3 \\&= 21219.9 \text{ kg/baut}\end{aligned}$$

Maka tahanan Tumpu menentukan!

### Perhitungan Jumlah Baut

$$\text{Balok Anak ; } n = \frac{9046.02}{10256.40} = 0.88 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Di gunakan 4 buah baut

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$\begin{aligned}V_u &= \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv} \\&= \frac{9046.02}{4} = 2261.51 \text{ kg} < 21219.9 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

### - Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum  $S_I$  untuk baut  $\varnothing 22 = 30 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_I < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < S_I < 4 \cdot 8 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < \mathbf{40} < 132 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S_I = P_t = 40 \text{ mm}$$

- Jarak antara baut  $S$  untuk baut  $\varnothing 22$

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.3 < S < 15 \cdot 8 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.3 < \mathbf{60} < 120 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } S = P_b = 60 \text{ mm}$$

### Periksa Kekuatan Geser Blok Pelat

$$R_n = 0,60 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0,60 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

- Bila tegangan tarik merata  $U_{bs} = 1$

- Bila tegangan tarik merata  $U_{bs} = 0.5$

Pada Balok Anak WF 350 x 175 x 7 x 11

### Luasan Geser pada pelat siku

$$l = S + S + S + S_I$$

$$= 60 + 60 + 60 + 40 = 220 \text{ mm}$$

$$\text{Luas bruto} = A_{gv} = t_p \cdot l$$

$$= 8 \cdot 220$$

$$= 1760 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar Lubang}(l_b) = d_b + 2 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$l_{b \text{ total}} = l_b \cdot 3.5$$

$$= 24 \cdot 3.5$$

$$= 84 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Netto} = A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p$$

$$= (220 - 84) \cdot 8$$

$$= 1088 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } A_{nv} < 85\% \cdot A_{gv}$$

$$1088 < 85\% \cdot 1760$$

$$1088 < 1496 \dots\dots\dots \text{OK!}$$



### Luasan Tarik pada pelat siku

$$\begin{aligned}\text{Luas bruto} &= A_{gt} = t_p \cdot S_l \\ &= 8 \cdot 40 \\ &= 320 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang}(l_b) = d_b + 2 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot 0.5 \\ &= 24 \cdot 0.5 \\ &= 12 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas Netto} &= A_{nt} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (40 - 12) \cdot 8 \\ &= 224 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat : } A_{nt} &< 85\% \cdot A_{gt} \\ 224 &< 85\% \cdot 320 \\ 224 &< 272 \text{ ..... OK!}\end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan dan tegangan putus

$$\begin{aligned}R_{nF} &= 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 370 \cdot 1088 + 1 \cdot 370 \cdot 224 \\ &= 324416 \text{ N}\end{aligned}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$\begin{aligned}R_{nL} &= 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ &= 0.6 \cdot 240 \cdot 1760 + 1 \cdot 370 \cdot 224 \\ &= 336320 \text{ N}\end{aligned}$$

$$R_{nF} \leq R_{nL}$$

$$324416 \leq 336320$$

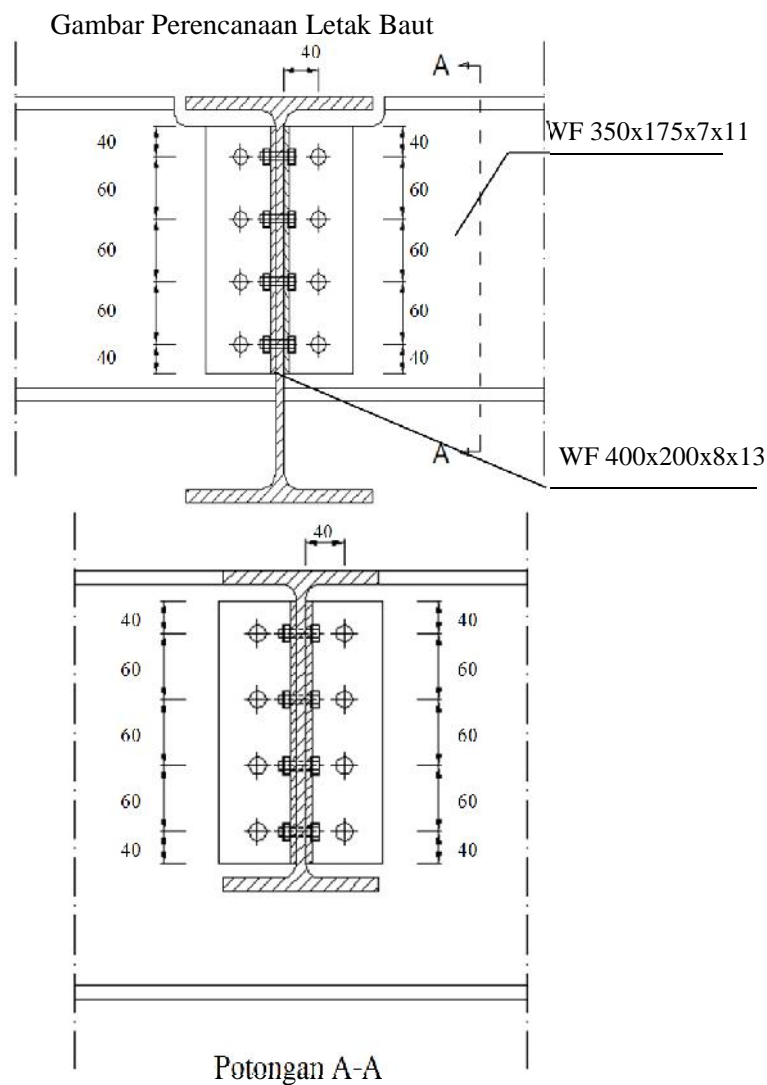
Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan tahanan geser paling kecil, maka kuat runtuh/ fraktur pelat menentukan

$$\begin{aligned} \cdot R_n &= 0.75 \cdot 324416 \\ &= 243312 \text{ N} \approx 24331.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\cdot R_n > R_u$$

$$24331.2 > 9046.02 \text{ ..... OK!}$$



Gambar 4.48 Tata letak baut sambungan balok induk - balok anak

#### 4.8.4 Perhitungan Sambungan Balok Anak-Balok Anak

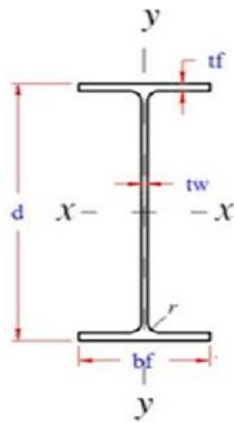
Hasil Output dari program Etabs balok anak WF 350x175x7x11 (1154)

$$M_u = 0 \text{ kgm}$$

$$V_u = 8831.01 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Baut yang digunakan : A325
- Kuat tarik minimum  $f_{ub}$  : 620 MPa
- Tegangan geser baut  $f_{nv}$  : 372 MPa (geser pada ulir drat)
- Diameter baut  $\emptyset$  : 22 mm
- Luas baut  $A_b$  :  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 380.29 \text{ mm}^2$

Digunakan profil baja WF 350 x 175 x 7 x 11



Dari tabel baja diperoleh:

$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 13600 \text{ cm}^4$
$b_f = 175 \text{ mm}$	$I_y = 984 \text{ cm}^4$
$t_w = 7 \text{ mm}$	$i_x = 14.7 \text{ cm}$
$t_f = 11 \text{ mm}$	$i_y = 3.95 \text{ cm}$
$r = 14 \text{ mm}$	$S_x = 775 \text{ cm}^3$
$A_g = 63.14 \text{ cm}^2$	$S_y = 112 \text{ cm}^3$
$w = 49.6 \text{ kg/m}$	$Z_x = 840.8 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 172.5 \text{ cm}^3$

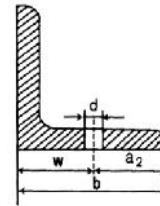
digunakan pelat siku sebagai penyambung 80 x 80 x 8

dimensi penampang  $b = 80 \text{ mm}$

$t = 8 \text{ mm}$

Penampang yang di lemahkan  $w = 40 \text{ mm}$

$d = 23 \text{ mm}$



### Kuat Nominal tumpu

- Pada lubang baut bagian tebal pelat siku

$$R_n = 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \leq 2.4 \cdot d \cdot t_w \cdot f_u$$

$$\begin{aligned} R_{n \text{ Siku}} &= 1.2 \cdot l_c \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 1.2 \cdot 40 \cdot 8 \cdot 370 = 142080.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ Siku}} = 0.75 \cdot 142080.00 = 106560.00 \text{ N}$$

- Pada lubang baut bagian web dari Balok:

$$\begin{aligned} R_{n \text{ web}} &= 2.4 \cdot d_b \cdot t_w \cdot f_u \\ &= 2.4 \cdot 22 \cdot 7 \cdot 370 = 136752.00 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\cdot R_{n \text{ web}} = 0.75 \cdot 136752.00 = 102564.00 \text{ N}$$

diambil kuat nominal tumpu yang terkecil = 102564.00 N

$$= 10256.40 \text{ kg}$$

### Kuat Nominal Geser baut dengan 2 Bidang Geser

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 380.29 \cdot 2 \\ &= 282932.57 \text{ N} \rightarrow 28293.3 \text{ kg} \\ &= 28293.3 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 28293.3 \\ &= 21219.9 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

Maka tahanan Tumpu menentukan!

### Perhitungan Jumlah Baut

$$\text{Balok Anak ; } n = \frac{8831.01}{10256.40} = 0.86 \approx 1 \text{ buah baut}$$

Di gunakan 4 buah baut

### Kontrol Kekuatan baut terhadap Geser

$$V_u = \frac{V_u}{n} < \cdot R_{nv}$$
$$= \frac{8831.01}{4} = 2207.75 \text{ kg} < 21219.9 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}$$

Maka jumlah baut memenuhi kuat geser perlu

#### - Menghitung jarak Baut

Jarak tepi minimum  $S_l$  untuk baut  $\varnothing 22 = 30 \text{ mm}$

$$S_{min} < S_l < (4 t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < S_l < 4 \cdot 8 + 100 \text{ mm atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 < \mathbf{40} < 132 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka  $S_l = P_t = 40 \text{ mm}$

#### - Jarak antara baut $S$ untuk baut $\varnothing 22$

$$2 \frac{2}{3} d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.3 < S < 15 \cdot 8 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$29.3 < \mathbf{60} < 120 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka  $S = P_b = 60 \text{ mm}$

### Periksa Kekuatan Geser Blok Pelat

$$R_n = 0.60 F_u A_{nv} + U_{bs} F_u A_{nt} \leq 0.60 F_y A_{gv} + U_{bs} F_u A_{nt}$$

- Bila tegangan tarik merata  $U_{bs} = 1$

- Bila tegangan tarik merata  $U_{bs} = 0.5$

Pada Balok Anak WF 350 x 175 x 7 x 11

### Luasan Geser pada pelat siku

$$\begin{aligned} l &= S + S + S + S_I \\ &= 60 + 60 + 60 + 40 = 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gv} = t_p \cdot l \\ &= 8 \cdot 220 \\ &= 1760 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang}(l_b) = d_b + 2 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot 3.5 \\ &= 24 \cdot 3.5 \\ &= 84 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Netto} &= A_{nv} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p \\ &= (220 - 84) \cdot 8 \\ &= 1088 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } A_{nv} &< 85\% \cdot A_{gv} \\ 1088 &< 85\% \cdot 1760 \\ 1088 &< 1496 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

### Luasan Tarik pada pelat siku

$$\begin{aligned} \text{Luas bruto} &= A_{gt} = t_p \cdot S_I \\ &= 8 \cdot 40 \\ &= 320 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Lebar Lubang}(l_b) = d_b + 2 = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{b \text{ total}} &= l_b \cdot 0.5 \\ &= 24 \cdot 0.5 \end{aligned}$$

$$= 12 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas Netto} = A_{nt} = (l - l_{b \text{ total}}) \cdot t_p$$

$$= (40 - 12) \cdot 8$$

$$= 224 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat : } A_{nt} < 85\% \cdot A_{gt}$$

$$224 < 85\% \cdot 320$$

$$224 < 272 \text{ ..... OK!}$$

Kuat nominal berdasarkan keruntuhan dan tegangan putus

$$R_{nF} = 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$= 0.6 \cdot 370 \cdot 1088 + 1 \cdot 370 \cdot 224$$

$$= 324416 \text{ N}$$

Kuat nominal berdasarkan leleh dan tegangan putus

$$R_{nL} = 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$= 0.6 \cdot 240 \cdot 1760 + 1 \cdot 370 \cdot 224$$

$$= 336320 \text{ N}$$

$$R_{nF} \leq R_{nL}$$

$$324416 \leq 336320$$

Konfigurasi blok geser yang menentukan adalah yang menghasilkan

tahanan geser paling kecil, maka kuat runtuh/ fraktur pelat menentukan

$$\cdot R_n = 0.75 \cdot 324416$$

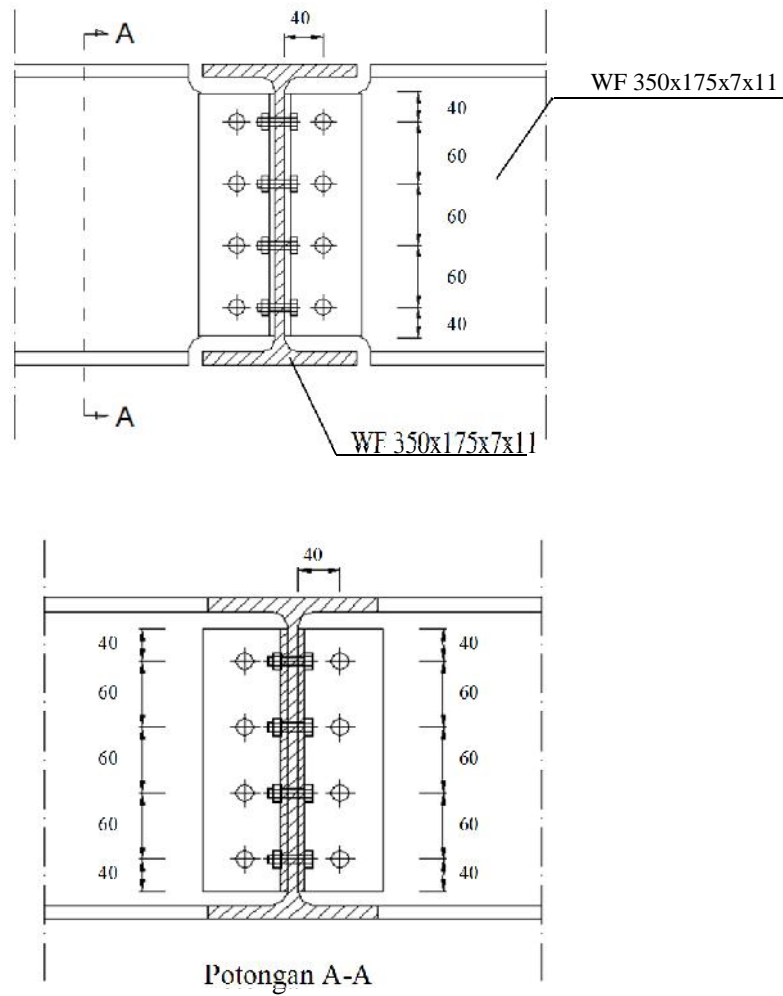
$$= 243312 \text{ N} \approx 24331.2 \text{ kg}$$

Syarat:

$$\cdot R_n > R_u$$

$$24331.2 > 8831.01 \text{ ..... OK!}$$

Gambar Perencanaan Letak Baut



Gambar 4.49 Tata letak baut sambungan balok anak - balok anak



#### 4.9 Perhitungan Pelat Landasan (Base Plate)

Hasil Output dari program Etabs

$$P_u = 172098.52 \text{ kg}$$

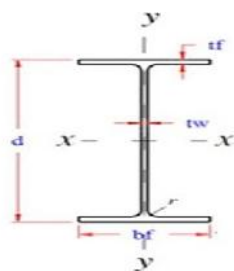
$$M_u = 5115.34 \text{ kgm}$$

$$V_u = 1950.22 \text{ kg}$$

- Material baja : Bj 37 ;
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 240 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 370 MPa
- Modulus elastisitas baja : 200000 MPa
- Mutu Beton ( $f'_c$ ) : 25 MPa
- Baut yang digunakan : A325
- Kuat tarik minimum  $f_{ub}$  : 620 MPa
- Tegangan geser baut  $f_{nv}$  : 372 MPa (geser pada ulir drat)
- Diameter baut  $\emptyset$  : 19 mm
- Luas baut  $A_b : \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \emptyset^2 = 283.64 \text{ mm}^2$

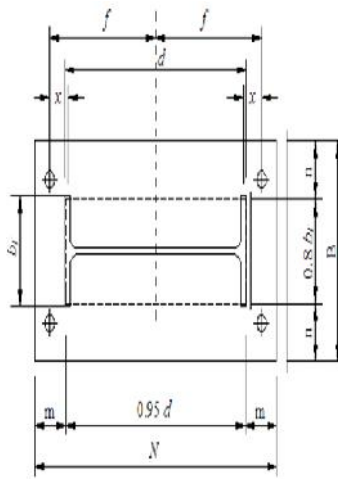
Digunakan profil baja WF 350 x 350 x 12 x 19

Dari tabel baja diperoleh:



$d = 350 \text{ mm}$	$I_x = 40300 \text{ cm}^4$
$b_f = 350 \text{ mm}$	$I_y = 13600 \text{ cm}^4$
$t_w = 12 \text{ mm}$	$i_x = 15.2 \text{ cm}$
$t_f = 19 \text{ mm}$	$i_y = 8.84 \text{ cm}$
$r = 20 \text{ mm}$	$S_x = 2300 \text{ cm}^3$
$A_g = 173.90 \text{ cm}^2$	$S_y = 776 \text{ cm}^3$
$w = 137 \text{ kg/m}$	$Z_x = 2493.2 \text{ cm}^3$
	$Z_y = 1175 \text{ cm}^3$

Mencari dimensi Base Plate yang akan di gunakan



Gambar 4.50 Penampang pelat landasan dan notasi

$$N = 550 \text{ mm} \quad Y = 550 \text{ mm}$$

$$B = 550 \text{ mm}$$

$$f = 250 \text{ mm}$$

Jumlah angkur Yang digunaka 4 buah  $\varnothing 16$

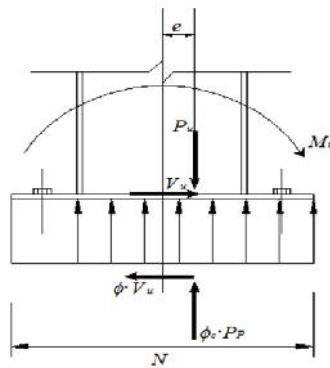
Menghitung besaran  $m$ ,  $x$  dan  $n$  :

$$m = \frac{N - 0.95 \cdot d}{2} = \frac{550 - 0.95 \cdot 350}{2} = 108.75 \text{ mm}$$

$$n = \frac{B - 0.8 \cdot b_f}{2} = \frac{550 - 0.8 \cdot 350}{2} = 135.00 \text{ mm}$$

$$x = f - \frac{d}{2} + \frac{t_f}{2} = 250 - \frac{350}{2} + \frac{19}{2} = 84.50 \text{ mm}$$

$$n' = \sqrt{\frac{d \cdot b_f}{4}} = \sqrt{\frac{350 \cdot 350}{4}} = 175.00 \text{ mm}$$



Gambar 4.51 Beban yang bekerja pada pelat landasan

Menghitung eksentrisitas:

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{5115 \cdot 1000}{172098.52} = 29.72 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_1 &= B \cdot N & A_2 &= N \cdot B \\ &= 550 \cdot 550 & &= 550 \cdot 550 \\ &= 302500 \text{ mm}^2 & &= 302500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menghitung tegangan tumpu pada beton

$$\begin{aligned} q &= (0.60) \cdot (0.85) \cdot f'_c \cdot B \cdot Y \cdot \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \\ &= 0.60 \cdot 0.85 \cdot 25 \cdot 550 \cdot 550.00 \cdot \sqrt{\frac{302500}{302500.00}} \\ &= 3856875.00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= (0.60) \cdot (0.85) \cdot f'_c \cdot B \cdot Y \cdot (2) \\ &= 0.60 \cdot 0.85 \cdot 25 \cdot 550 \cdot 550.00 \cdot 2 \\ &= 7713750.00 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$q \leq q_{maks}$$

$$3856875.00 < 7713750.00 \quad \text{..... Ok}$$

### Perhitungan Tebal Base Plate

$$t_{p \text{ perlu}} \geq 1.49 \cdot c \sqrt{\frac{P_u}{B \cdot (N - 2e) \cdot f_y}}$$

$$t_{p \text{ perlu}} \geq 1.49 \cdot 175.0 \cdot \sqrt{\frac{1720985.2}{550 \cdot (550 - 2 \cdot 29.7) \cdot 240}}$$

$$t_{p \text{ perlu}} = 42.51 \text{ mm}$$

Diambil tebal base plate  $t_p = 45 \text{ mm}$

Sehingga ukuran base plate adalah  $550 \times 550 \times 45 \text{ mm}$

### c. Perencanaan baut angkur

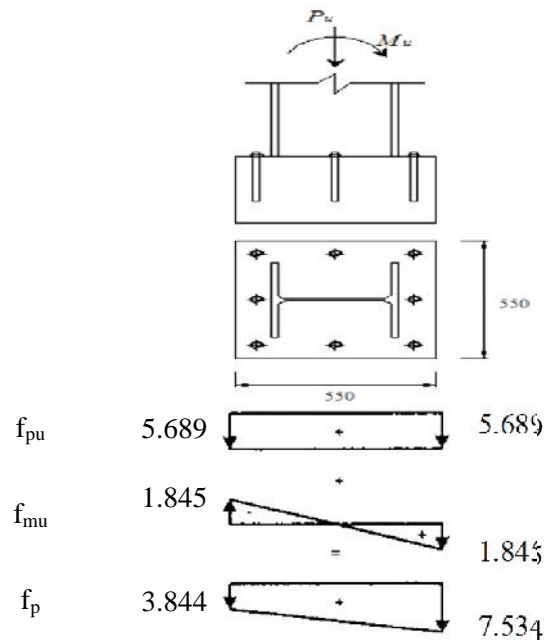
$$F_{cI} = \frac{P_u}{B \cdot N} + \frac{M_u \cdot (N/2)}{\frac{1}{12} B \cdot N^3}$$

$$= \frac{1720985.2}{550 \cdot 550} + \frac{51153400 \cdot 275}{\frac{1}{12} 550 \cdot 550^3}$$

$$= 5.689 \pm 1.84$$

$$f_{p \text{ max}} = 5.689 + 1.845 = 7.53 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{p \text{ min}} = 5.689 - 1.845 = 3.84 \text{ N/mm}^2$$



Gambar 4.52 Regangan dan tegangan yang bekerja pada pelat landasan

Pada diagram tegangan diatas menunjukkan bahwa plat mengalami gaya tekan sepanjang sb X dan tidak ada gaya tarik. Baut kuat menahan tekan tetapi berbahaya terhadap kegagalan akibat geser. Maka direncanakan terhadap gaya geser yang terjadi.

d. Digunakan baut mutu tinggi A 325 dimana kekuatan tarik minimumnya ( $f_u$ ) adalah sebesar

$$f_u = 620 \text{ Mpa} \quad f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$$

#### Kuat Nominal Geser baut

$$\begin{aligned} R_{nv} &= f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 372 \cdot 283.64 \cdot 1 \\ &= 105515.14 \text{ N} \rightarrow 10551.5 \text{ kg} \\ &= 10551.5 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot R_{nv} &= 0.75 \cdot 10551.5 \\ &= 7913.64 \text{ kg/baut} \end{aligned}$$

### Perhitungan Jumlah Baut

$$N \text{ baut} \quad ; n = \frac{19502.20}{7913.64} = 2.46 \approx 3 \text{ buah baut pada tiap sisi}$$

e. Gaya geser diterima untuk 1 baut :

$$V_u = 7913.64 \text{ kg}$$

$$V_{\text{baut}} = \frac{R}{n} = \frac{7913.64}{3.00} = 2637.88 \text{ kg}$$

f. Tegangan geser yang dipikul 1 baut :

$$F_v \text{ baut A325} = 372 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_v &= \frac{V_{\text{baut}}}{A_{\text{baut}}} = \frac{2637.88}{283.64} \\ &= 93.00 \text{ kg/cm}^2 \leq 372 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

### i. Kontrol panjang angkur

Menurut Manual AISC LRFD hal tabel 8-26 panjang minimum angkur disyaratkan sebagai berikut untuk angkur mutu A325 dengan diameter diantar  $\frac{1}{2}$  in s/d 1 in, panjang minimum angkur ( $L_{\min} = 17 D$ , dimana D adalah diameter angkur.

$$\frac{1}{2} \text{ in} < D = 19 \text{ mm} < 1 \text{ in} \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned} L_{\min} &= 17 D \\ &= 17 \times 19 \\ &= 323 \text{ mm} \end{aligned}$$

Panjang angkur yang digunakan ( $L_a$ ) = 800 mm

Panjang angkur yang ditanam minimum yang diperlukan ( $L$ ) yakni :

$$L = \frac{f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}} \times D$$

$$= \frac{620}{4 \cdot \sqrt{25}} \times 19$$

$$= 589 \text{ mm}$$

Karena  $L_a = 800 \text{ mm} > L = 589 \text{ mm} > L = 323 \text{ mm}$

#### - Perhitungan las fillet pada Profil WF :

electrode E7014  $f_{uw} = 506 \text{ N/mm}^2$

tebal las rencana = 14 mm

$$t_e = 0.707 a$$

$$= 0.707 \cdot 14$$

$$= 9.90 \text{ mm}$$

Kekuatan desain persatuan panjang las fillet :

Panjang bagian yang dilas ( $L$ )

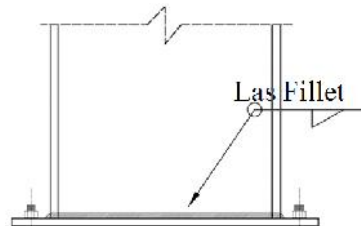
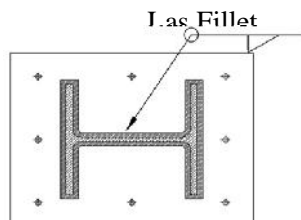
$$L = 2 \cdot (b_f + 4 \cdot (t_f + 2 \cdot (r_o + 2) \cdot (b_f - t_w - 2 \cdot r_o)))$$

$$+ 2 \cdot (d - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r_o)$$

$$= 2 \cdot (350 + 4 \cdot (19 + 2 \cdot (20 + 2) \cdot (350 - 12 - 2 \cdot 20)))$$

$$+ 2 \cdot (350 - 2 \cdot 19 - 2 \cdot 20)$$

$$= 2041.71 \text{ mm}$$



Luas Efektif Las

$$\begin{aligned}A_{we} &= L \cdot t_e \\&= 2041.71 \cdot 9.90 \\&= 20209 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kuat nominal Las per  $\text{mm}^2$

$$\begin{aligned}f_{nw} &= 0.60 \cdot f_{uw} \\&= 0.60 \cdot 506 \\&= 303.60 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Kuat nominal Las

$$\begin{aligned}R_n &= f_{nw} \cdot A_{we} \\&= 303.60 \cdot 20208.9 \\&= 6135418.40 \text{ N} \\ \cdot R_n &= 0.75 \cdot 6135418.40 \\&= 4601563.80 \text{ N} \rightarrow 460156.38 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Gaya tarik yang bekerja pada balok

$$\begin{aligned}F &= A_s \cdot f_y \\&= 17390 \cdot 240 \\&= 4173600.00 \text{ N} \rightarrow 417360.00 \text{ kg}\end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \cdot R_{nw} &> F \\460156.38 \text{ kg} &> 417360 \text{ kg} \dots\dots \text{OK!}\end{aligned}$$



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan struktur baja pada pembangunan Gedung Christian Center Samarinda menggunakan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi profil baja yang dibutuhkan untuk balok induk komposit adalah WF 400x200x8x13 dan WF 450x200x9x14, dan untuk balok anak komposit menggunakan WF 350x175x7x11.
2. Dimensi profil baja untuk kolom menggunakan WF 350x350x12x19.
3. Desain sambungan pada hubungan balok-kolom flens menggunakan End Plate dengan tebal pelat 18 mm, dengan jumlah baut 8 Ø 24 mm. sedangkan desain sambungan pada hubungan balok-kolom web menggunakan End Plate dengan tebal pelat 10 mm, dengan jumlah baut 8 Ø 20 mm. Desain sambungan pada balok induk-balok anak dan balok anak-balok anak menggunakan Profil siku 80x80x8, dengan jumlah baut 4 Ø 22 mm. Sedangkan ukuran base plate (pelat landasan) yang diperlukan adalah 550x550x45 mm dengan menggunakan angkur 8 Ø 19 mm panjang 800 mm.
4. Detail gambar terlampir.

## 5.2. Saran

Adapun saran dalam pengerjaan skripsi ini adalah:

1. Dalam merencanakan dimensi balok, kolom maupun sambungan harus teliti dalam perhitungan maupun dalam satuan agar tidak terjadi kegagalan ataupun keruntuhan pada saat konstruksi tersebut dikerjakan.
2. Sambungan baut pada umumnya merupakan sambungan sendi yang di desain untuk menahan geser maupun tumpu, sedangkan las merupakan sambungan jepit yang dapat menahan momen sehingga apabila kita merencanakan sambungan baut pada hubungan balok induk-balok anak maka di program kita mendesain sambungan balok induk-balok anak dalam kondisi sendi (di *release*).
3. Penentuan kelas situs tanah perlu data boring NSPT sampai kedalaman 30m sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 5.1.

## DAFTAR PUSTAKA

Arifwan D.S., 2007. *Analisis Sambungan Portal Baja antara Balok dan Kolom dengan Menggunakan Sambungan Las dan Baut*, Program Studi Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara, Medan.

Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI 1729:2015*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain SNI 1727:2013*. Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1722:2012*. Jakarta.

Budiono, Bambang. 2011. Seminar HAKI: Konsep SNI Gempa 1726-201X.

Choirul, Achmad, 2009. *Modifikasi Perencanaan Gedung Apartemen Albergo Jakarta menggunakan Struktur Komposit Baja Beton*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

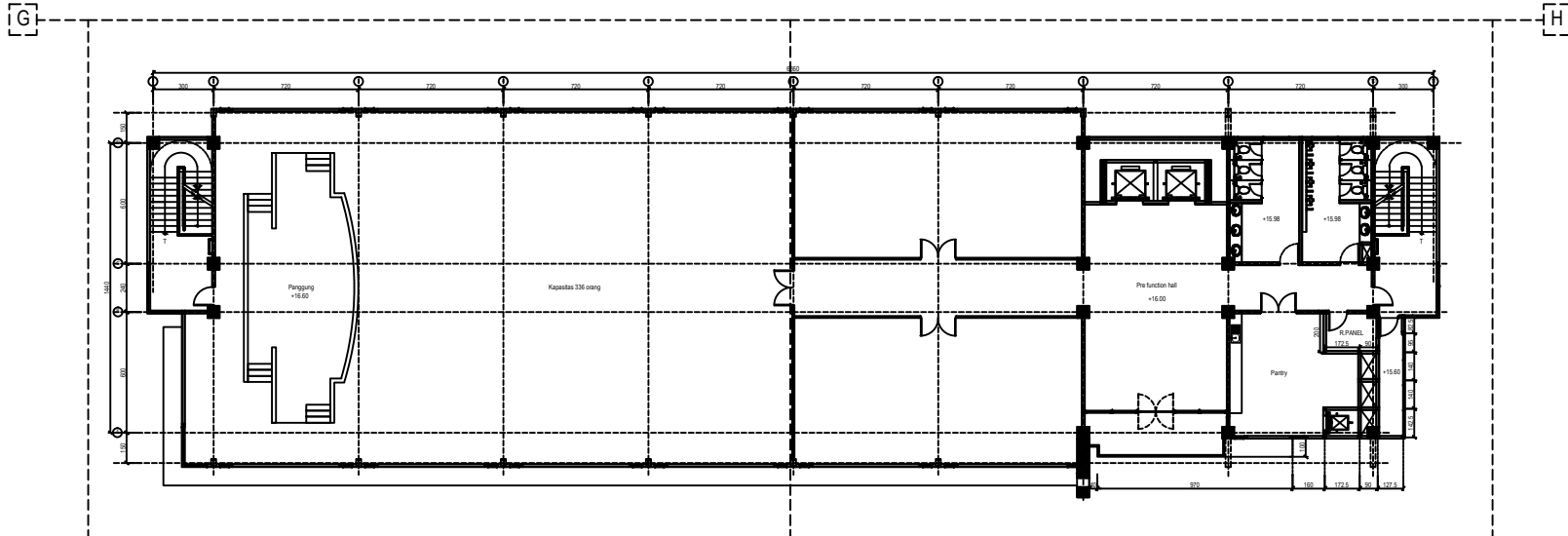
Dewobroto, Wiryanto. 2015. *Struktur Baja Prilaku, Analisa & Desain – AISC 2010*. Tangerang. Lumina Press

Gunawan, Rudy. 1987. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta. Kansius.

Mustofa, Akhbar, 2015. *Studi Perencanaan Struktur Portal Baja Menggunakan Baja Castella dan Kolom Komposit Pada Pembangunan Rehabilitasi Pasar Lumajang*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional, Malang.

Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) Edisi ke-2*. Jakarta. Erlangga.

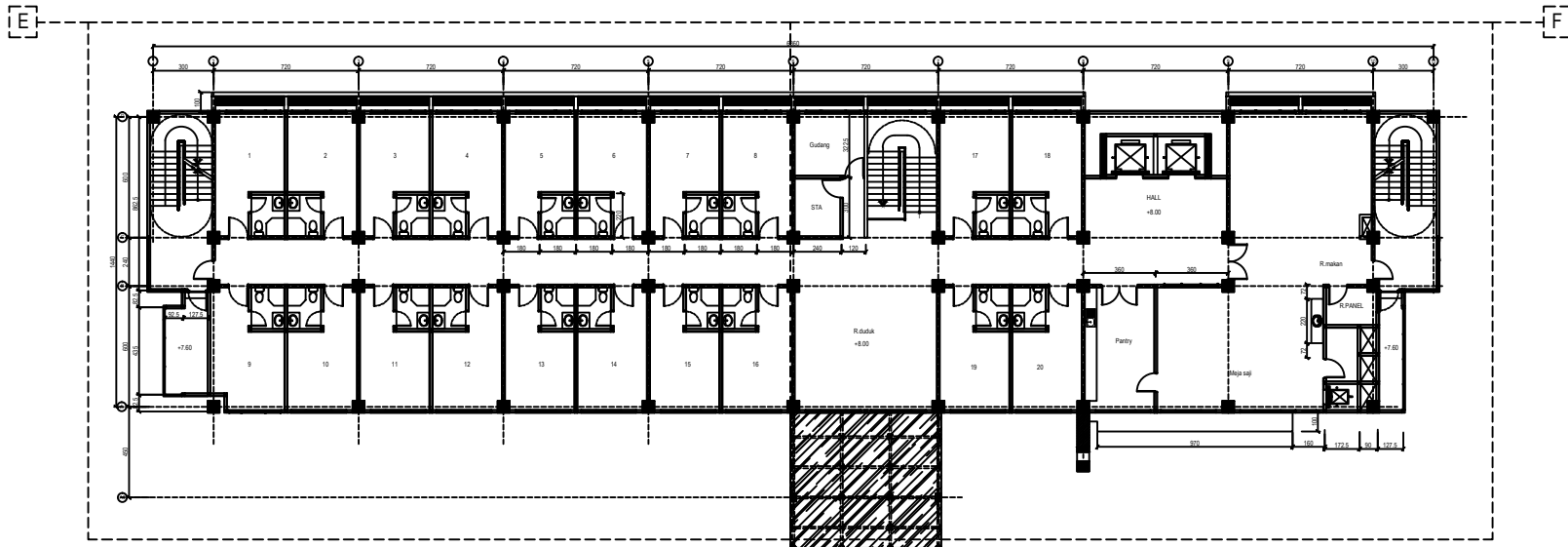




10 Key plan Lantai 5

A.02 05

1:250



09 Key plan Lantai 3-4

A.02 05

1:250

Legend  
Legend

No. Calculation & Detail  
Notes & Revisions

Issued  
Date

Name Project :  
Project Name

CHRISTIAN CENTER SAMARINDA  
JL. Urip Sumoharjo/ Kebaktian No. 150  
SAMARINDA

Project Type :  
Owner

MS.  
Construction Management

Consulting Firm Name :  
Design Consultant

Architect :  
Architect

SIPB. No : 0046/PIA-B/DPPB-I-2009

Structure : KETIRA ENGINEERING  
CONSULTANT

SIP. No :

Mechanical & Electrical :  
Mechanical & Electrical

SIP. No :

QS :  
Quantity Surveyors

Contractor Name :  
Main Contractor

Architect Name :  
Drawing Title

Revision  
From

Page

Issued  
Date

17-07-2013

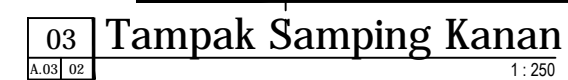
No. Drawing  
Drawing Page

No. Drawing  
Drawing No.

S-

For Information

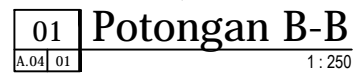
CAD Ref :



**CAD Ref :**



Legenda Legend					
No.	Detailan & Revisei Notes & Revisions				Tanggal Date
Nama Proyek : Project Name					
CHRISTIAN CENTER SAMARINDA JL. Urip Sumoharjo/ Kebaktian No. 150 SAMARINDA					
Pembuat Laporan : Owner					
M/C: Construction Management					
Konsultan Perencanaan : Design Consultant					
Arsitek / Architect					
SP/B : No : C-65/P/A-B-DPPB/I-2009					
Struktur : Structure		KETIRA ENGINEERING CONSULTANT <small>A Joint Venture of PT Kertira Engineering Consultancy Indonesia &amp; PT Kertira Engineering Consultancy Indonesia</small>			
SBP : No :					
Mekanikal & Elektrikal : Mechanical & Electrical					
SBP : No :					
QS : Quantity Surveyors					
Konstruksi Utama : Main Contractor					
Jenis Gambar : Drawing Title					
Dibuat Drawn 	Diperiksa Checked	Ditandatangani Approved	Skala Scale		
Tanggal Date 17-07-2013	Tanggal Date	Tanggal Date			
No. Lembar Drawing Page		No. Gambar Drawing No.  S-			
Gambar : Drawing FOR INFORMATION					
CAD Ref :					



Legenda Legend					
No.	Catatan & Revisi Notes & Revisions				Tanggal Date
Nama Proyek : Project Name					
CHRISTIAN CENTER SAMARINDA JL. Urip Sumoharjo/ Kebaktikan No. 150 SAMARINDA					
Pembeli / Tuan : Owner					
Mk. Construction Management					
Konsultan Perencanaan : Design Consultant					
Arsitektur : Architect					
SIPB. No : C846/P/A-B/DPPB-I-2009					
Struktur : Structure					
KETIRA ENGINEERING CONSULTANT <small>Jl. Sekeloa Tengah No. 17 - 18, Sekeloa Tengah, Kecamatan Sekeloa Tengah, Kota Samarinda Kalimantan Timur 75223</small>					
SBP. No :					
Mekanikal & Elektrikal : Mechanical & Electrical					
SBP. No :					
QS : Quantity Surveyors					
Konstruksi Utama : Main Contractor					
Jenis Gambar : Drawing Title					
Dibuat Drawn 	Diserius Checked	Ditahabi Approved	Skala Scale		
Tanggal Date 17-07-2013	Tanggal Date	Tanggal Date			
No. Lembar Drawing Page			No. Gambar Drawing No.		
			S-		
Gambar : Drawing					
FOR INFORMATION					
CAD Ref :					





JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BATA TANPA REINFORCENAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDURA

NAMA GAMBAR:

- PEMBALOKAN LANTAI 2  
- PEMBALOKAN LANTAI 3 & 4

DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM:

14.21.908

NO GAMBAR:

SKALA:

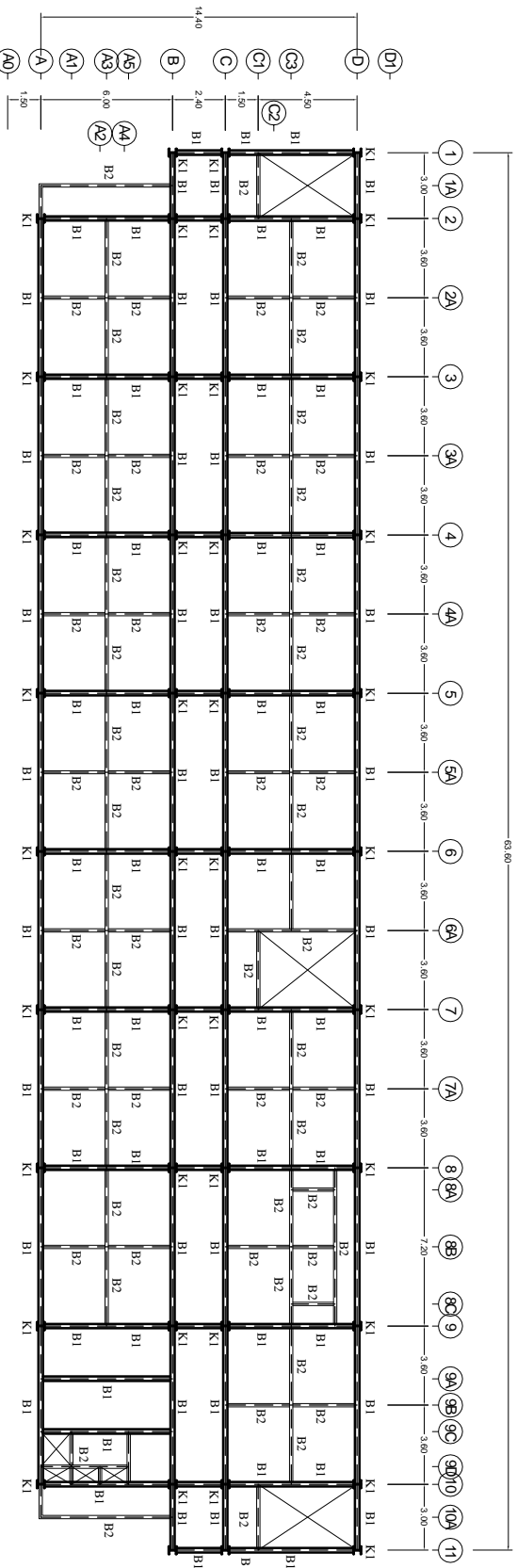
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

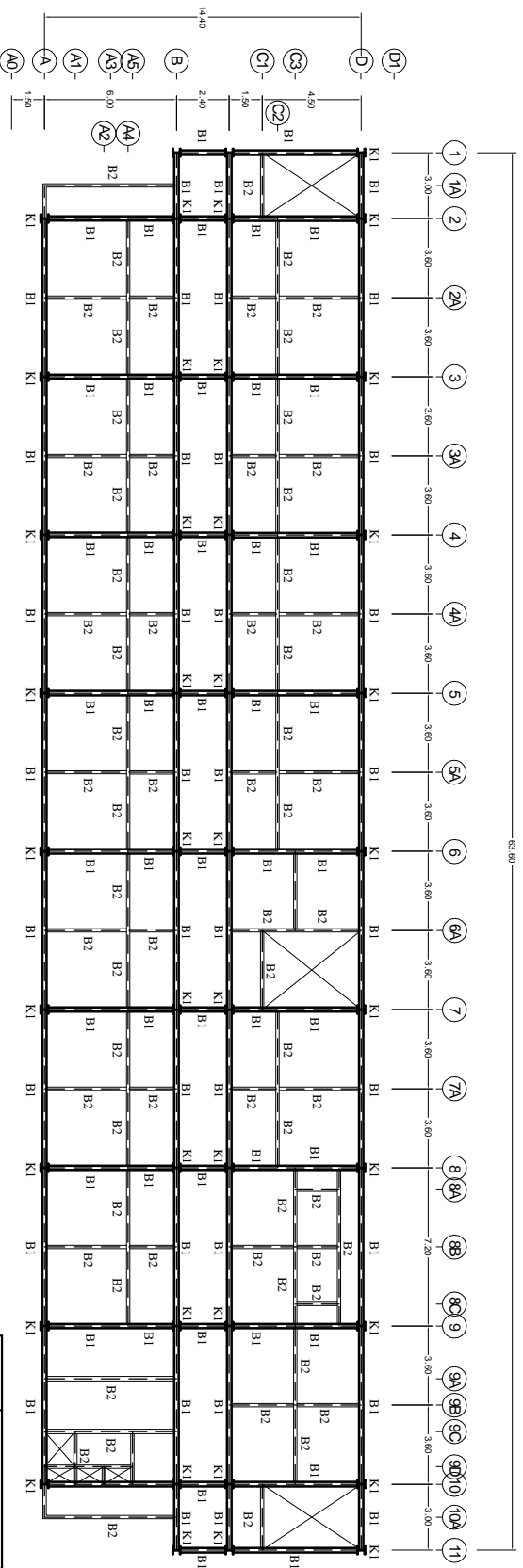
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016

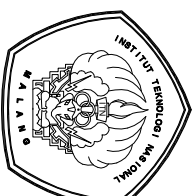


PEMBALOKAN LANTAI 2  
SKALA 1 : 200



PEMBALOKAN LANTAI 3 & 4  
SKALA 1 : 200

KODE	KETERANGAN
B1	WF 400x200x8x13
B2	WF 300x150x9x13
K1	WF 350x350x12x19



# JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BATA PASIR BERKAMPAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDRATA

# NAMA GAMBAR:

- PEMBALOKAN LANTAI 5

# DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

# NIM:

14.21.908

# NO GAMBAR:

SKALA:

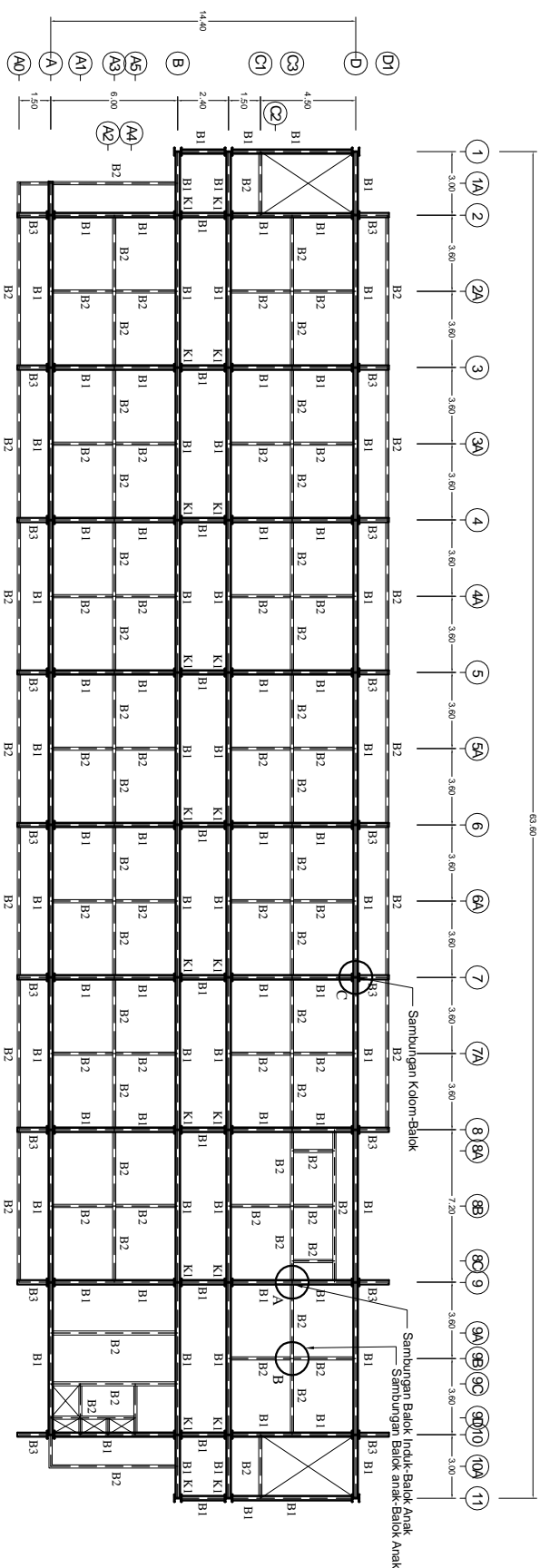
# PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

# FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016



# PEMBALOKAN LANTAI 5

SKALA 1 : 200

KODE	KETERANGAN
B1	WF-400x200x8x13
B2	WF-300x150x9x13
B3	WF-450x200x9x14
K1	WF-350x350x12x19



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BALOK DAN PERENCANAAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDURA

NAMA GAMBAR:

- SAMBUNGAN BALOK INDIR - BALOK ANAK  
- DETAIL A  
- POTONGAN A - A  
- POTONGAN B - B

DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM:

14.21.908

NO GAMBAR:

SKALA:

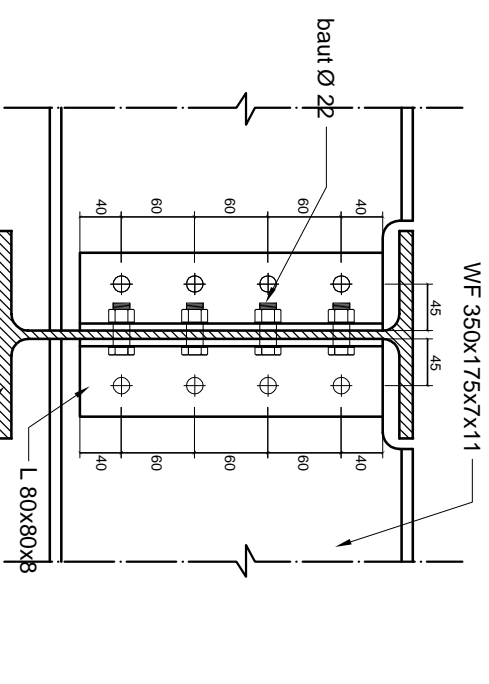
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

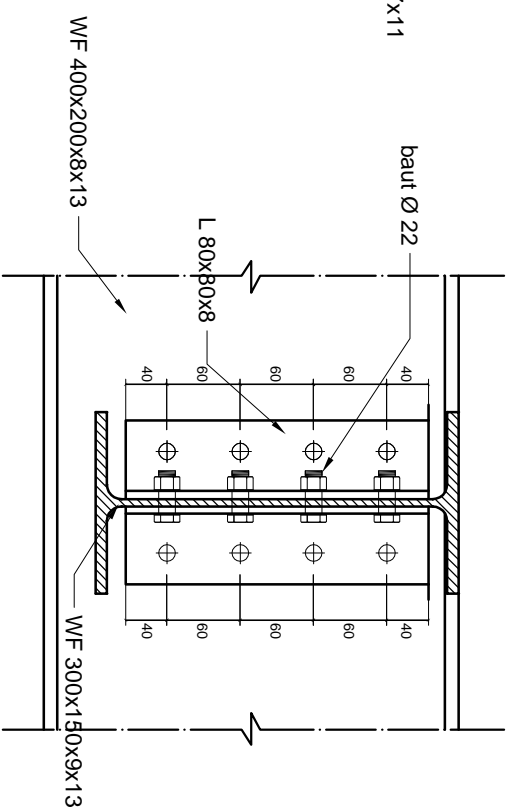
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

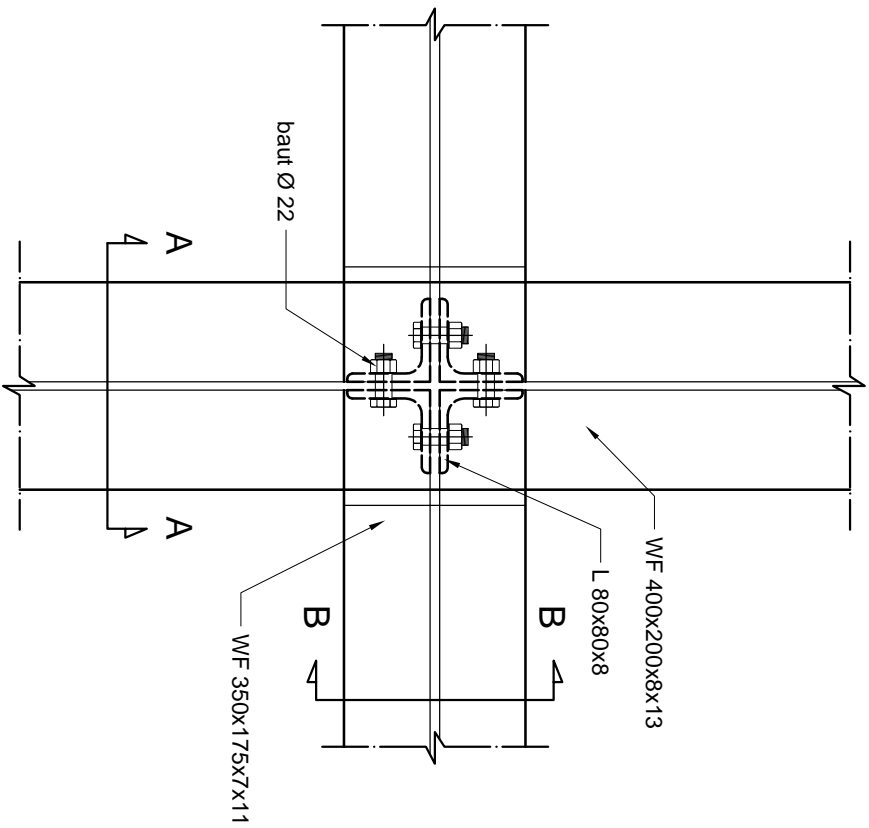
INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016



POTONGAN A - A



POTONGAN B - B



DETAIL A  
SKALA 1 : 5



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BALOK DAN PERENCANAAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDRATA

NAMA GAMBAR:

- SAMBINGAN BALOK ANAK - BALOK ANAK  
- DETAIL B  
- POTONGAN A - A  
- POTONGAN B - B

DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM:

14.21.908

NO GAMBAR:

SKALA:

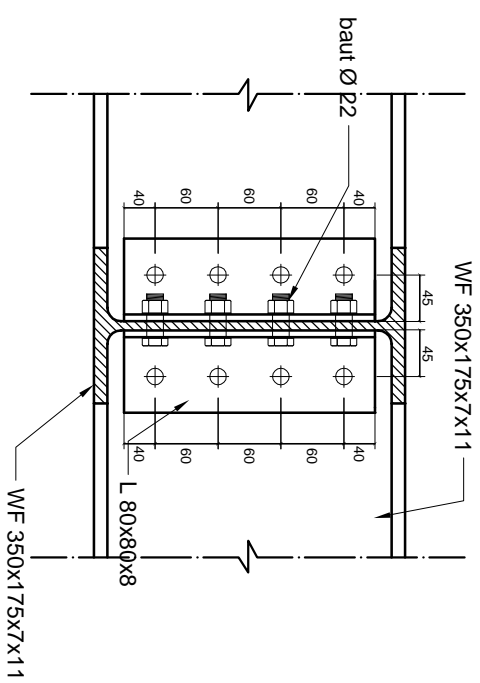
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

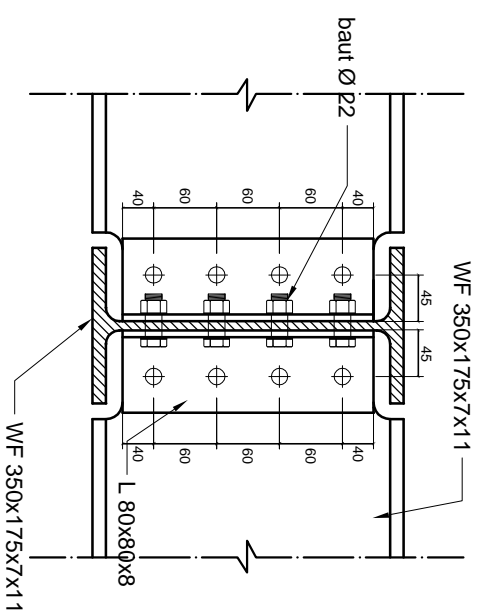
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

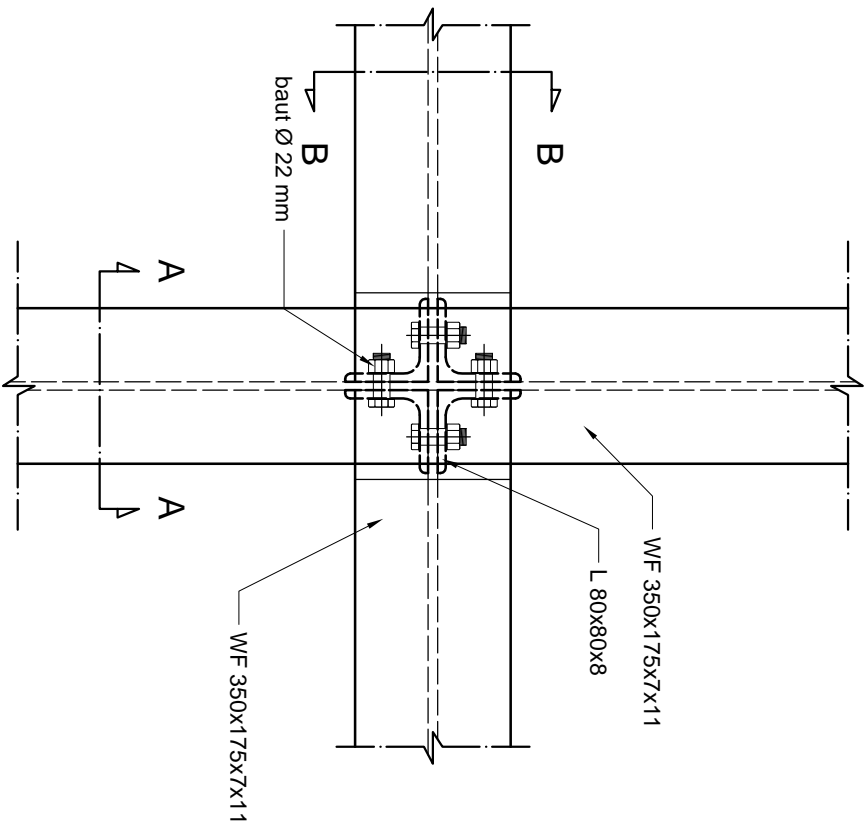
INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016



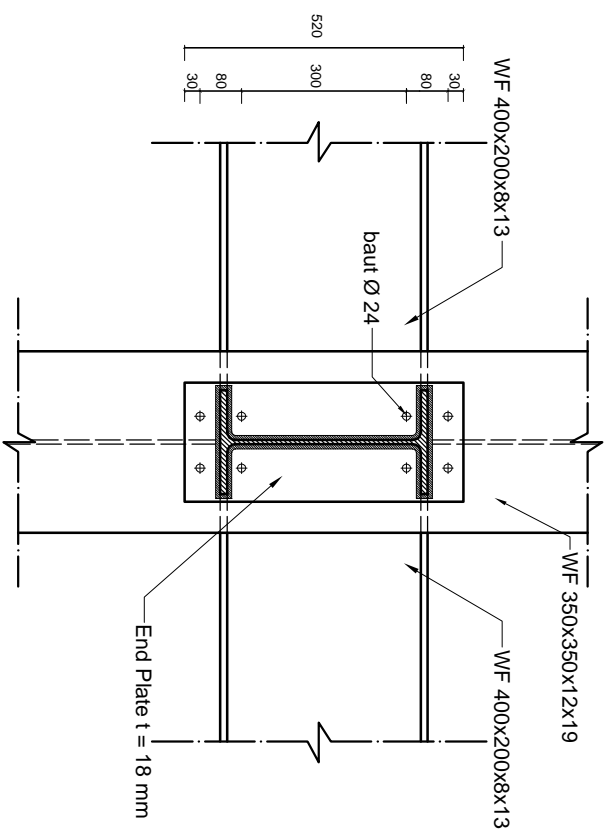
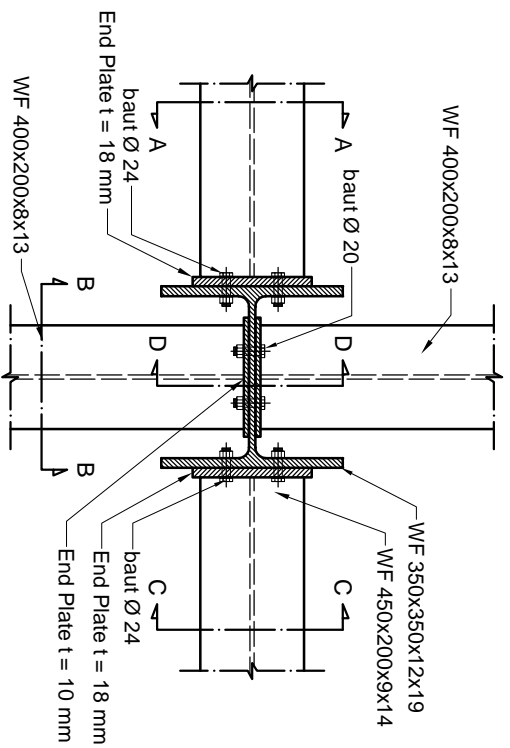
POTONGAN A - A  
SKALA 1 : 5



POTONGAN B - B  
SKALA 1 : 5

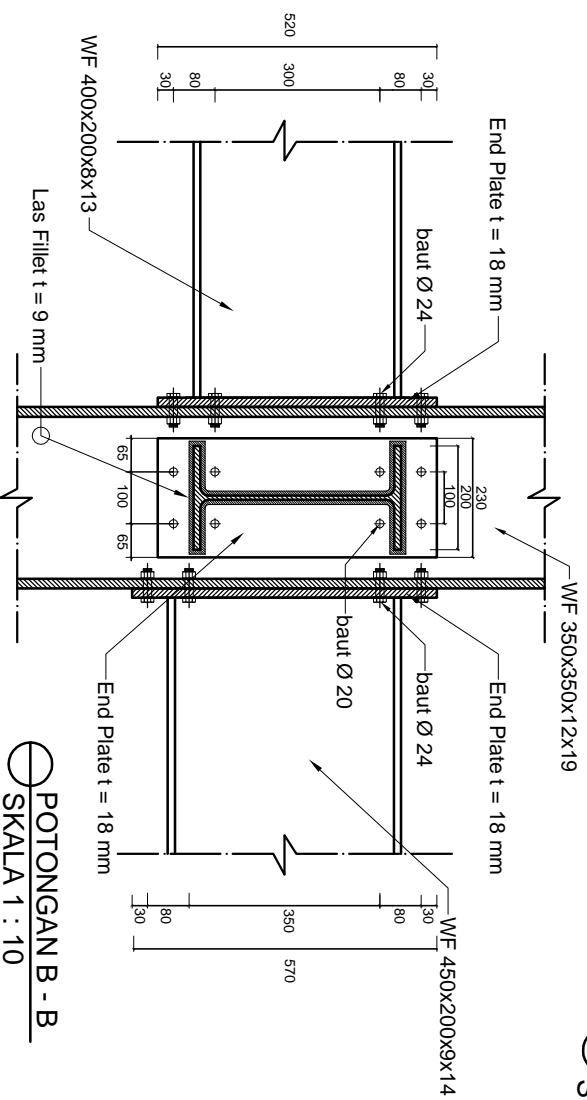


DETAIL B  
SKALA 1 : 5

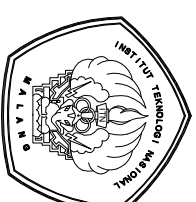


DETAIL C  
SKALA 1 : 10

POTONGAN A - A  
SKALA 1 : 10



POTONGAN B - B  
SKALA 1 : 10



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BATA DAN PERENCANAAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDURA

NAMA GAMBAR:

- SAMBINGAN END PLATE  
- DETAIL C  
- POTONGAN A - A  
- POTONGAN B - B

DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM:

14.21.908

NO GAMBAR:

SKALA:

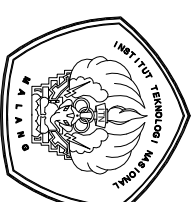
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BALOK PADA PERAMBATANAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDRABALA

NAMA GAMBAR:

- SAMBINGAN END PLATE  
- POTONGAN C - C  
- POTONGAN D - D

DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM:

14.21.908

NO GAMBAR:

SKALA:

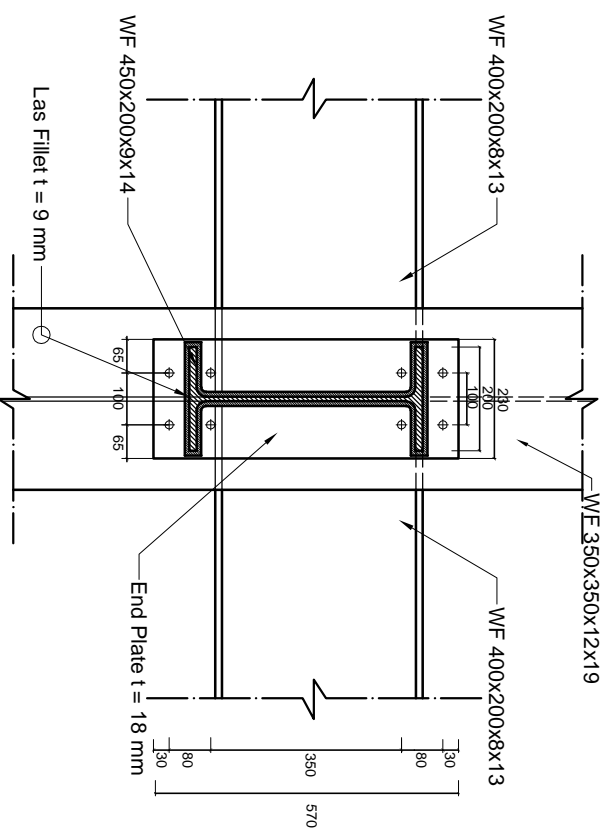
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

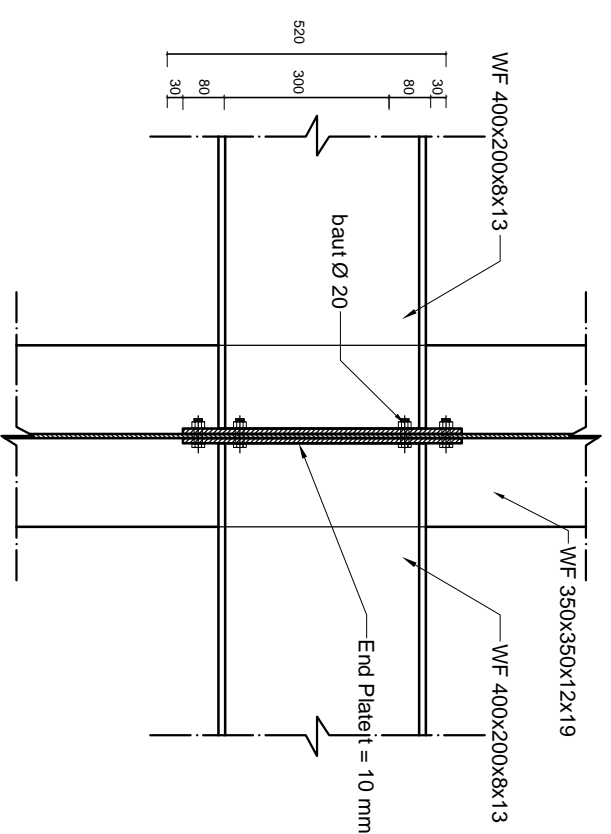
FAKULTAS:

TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

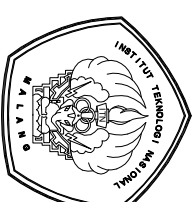
INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016



POTONGAN C - C  
SKALA 1 : 10



POTONGAN D - D  
SKALA 1 : 10



JUDUL SKRIPSI:

PERENCANAAN STRUKTUR BALOK PADA PERENCANAAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMUDRATA

NAMA GAMBAR:

DIGAMBAR:

MUHAMMAD ZULKIFLI

NIM:

14.21.908

NO GAMBAR:

SKALA:

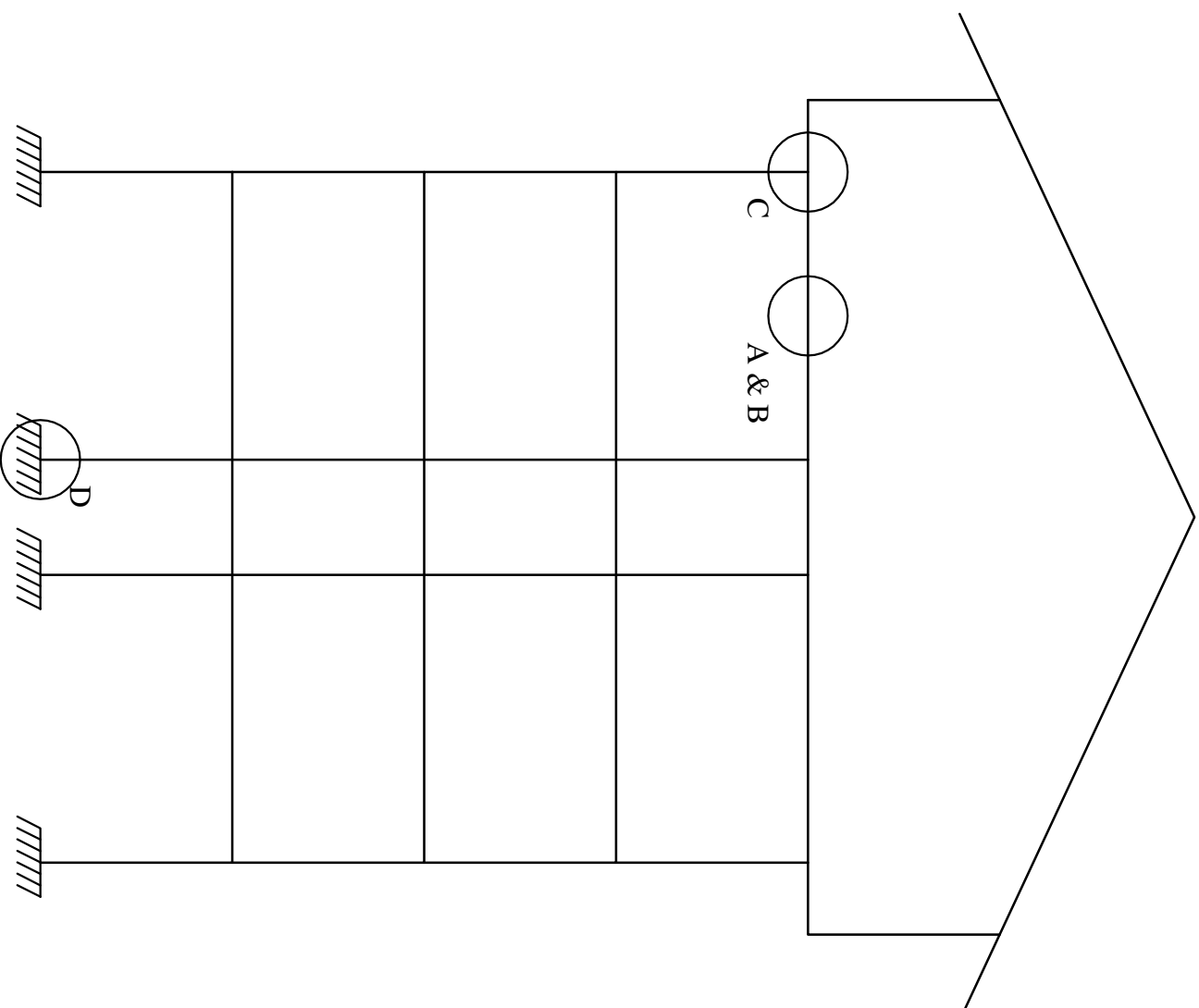
PROGRAM STUDI:

TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS:

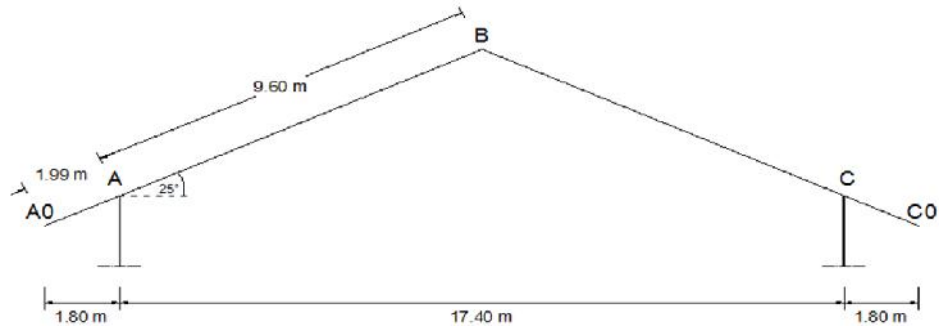
TEKNIK SIPIL  
DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI  
NASIONAL MALANG  
2016



## PERENCANAAN KONSTRUKSI ATAP

### 4.1 Data Perencanaan



Type konstruksi	= Gable
Bentang atap	= 17.4 m
Bahan penutup atap	= Iko Shingles
Berat penutup atap	= 11 kg/m <sup>2</sup>
Sudut kemiringan atap	= 25 °
Jarak antar Kuda-kuda	= 7.2 m
Jarak Gording	= 1 m
Tinggi kolom	= 4 m
Beban angin rencana	= 40 kg/m <sup>2</sup>
Beban guna atap	= 96 kg/m <sup>2</sup>
Alat sambung	= Baut dan Las

#### Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat atap} &= 1 \times 11 = 11.0 \text{ kg/m} \\ q &= 11.00 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

#### Beban Hidup

$$P = 96.00 \text{ kg}$$



## Beban Angin

Langkah 1 : Menentukan kategori risiko bangunan gedung atau struktur lain

Diambil Kategori resiko IV (SNI 1726-2012; hal 15)

Langkah 2 : Tentukan kecepatan angin dasar,  $V$ , untuk kategori yang sesuai.

Diambil  $V$ , Sebesar = 40 km/jam = 11.1 m/s

Langkah 3 : Tentukan parameter beban angin :

1 Faktor arah angin ( $K_d$ )

Karena tipe struktur masuk dalam Sistem Penahan Beban Angin Utama

Maka:

Diambil  $K_d = 0.85$  (SNI 1727:2013; pasal 26.6 hal 50)

2 Kategori eksposur

Masuk dalam eksposur, B (SNI 1727:2013; pasal 26.7.2 hal 51)

3 Faktor topografi ( $K_{zt}$ )

karena kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang diisyaratkan dalam pasal 28.8.1 maka

Diambil  $K_{zt} = 1.00$  (SNI 1727:2013 pasal 26.8 hal 54)

4 Faktor efek tiupan angin ( $G$ )

Diambil = 0.85 (SNI 1727:2013 pasal 26.9 hal 54)

5 Klasifikasi ketertutupan

Merupakan jenis bangunan gedung tertutup maka koefisien tekan internal yang diambil  $G_{cpi} = 0.18$

(SNI 1727:2013 pasal 26.11.1 hal 61 tabel 26.11-1)

Langkah 4 : Tentukan eksposur tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$  :

$$= 7$$

$$Z_{\xi} = 365.8 \text{ m}$$

$$Z = 20 \text{ m}$$

$$K_z = 2.01 \times \left[ \frac{Z}{Z_g} \right]^{2/a} = 2.01 \times \left[ \frac{20}{365.8} \right]^{0.29} = 0.876$$

Langkah 5 : Tentukan tekanan velositas,  $q$  atau  $qh$  :

$$\begin{aligned} qh &= 0.613 \times K_z \times K_{zt} \times K_d \times V^2 \\ &= 0.613 \times 0.876 \times 1.00 \times 0.85 \times 11.1^2 \\ &= 74.50 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Langkah 6 : Tentukan koefisien tekan eksternal,  $C_p$

$$\begin{aligned} C_{pt} &\longrightarrow qh = 0.3 \\ C_{ph} &\longrightarrow qh = -0.4 \end{aligned}$$

Langkah 7 : Menghitung tekanan angin,  $P$  :

$$\begin{aligned} P_{tekan} &= \left[ qz \times G \times C_{pt} \right] - \left[ qz \times \left[ G_{cpi} \right] \right] \\ &= 74.50 \times 0.85 \times 0.30 - 74.50 \times 0.18 \\ &= 19 \text{ N/m}^2 \rightarrow 1.90 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{tekan} &= P \times \text{Jarak antar Gording} \\ &= 1.90 \times 1.00 \\ &= 1.90 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{hisap} &= \left[ qh \times G \times C_{ph} \right] - \left[ qh \times \left[ G_{cpi} \right] \right] \\ &= 74.50 \times 0.85 \times -0.40 - 74.50 \times 0.18 \\ &= -25.3 \text{ N/m}^2 \rightarrow 2.53 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{hisap} &= P \times \text{Jarak antar Gording} \\ &= 2.53 \times 1 \\ &= 2.53 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### Berat Air Hujan

Menurut SNI 1727:2013, hal 38.

$$R = 0,0098(ds + dh) \quad , \text{dalam KN/m}^2$$

$ds$  = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam mm.

$ds$ , diambil : 5 mm

$dh$  = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut pada aliran air rencana (tinggi hidrolik), dalam mm.

$dh$ , diambil : 5 mm

$$\begin{aligned} R &= 0.0098 \times \left( ds + dh \right) \\ &= 0.0098 \times \left( 5 + 5 \right) \\ &= 0.098 \quad \text{KN/m}^2 = 9.8 \quad \text{kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Hujan} &= 9.8 \quad \text{kg/m}^2 \\ &= 9.8 \quad \times \text{Jarak antar gording} \\ &= 9.8 \quad \times 1.00 \\ &= 9.8 \quad \text{kg/m} \end{aligned}$$

Nspt	Kedalaman, (m)	Tebal, (m)	N = Tebal / Nspt	$\Sigma N$	$\overline{N}$
0	0	0	0	1.993	15.053
3	2	2	0.667		
6	4	2	0.333		
7	6	2	0.286		
10	8	2	0.200		
15	10	2	0.133		
36	12	2	0.056		
40	14	2	0.050		
57	16	2	0.035		
60	18	2	0.033		
60	20	2	0.033		
60	22	2	0.033		
60	24	2	0.033		
60	26	2	0.033		
60	28	2	0.033		
60	30	2	0.033		

# BORING LOG

BOR TYPE	: SPRIG/ROBIN 100	LOCATION	: Jln. Ramaria No.1 Vorvo - Samarinda
BORE HOLE NO.	: BH. 01	BOR MASTER	: Sandy
GROUND ELEVATION	: Existing	DATA STARTED	: 7 Februari 2013
GROUND WATER ELEVATION	: -1.70 Meter	DATA FINISHED	: 8 Februari 2013

Date	Depth ( m )	Sampling	Unit	Boring Log	Cassing	Thickness (m)	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST				<div>GRAPHIC SPT</div>
								N1 ( 0 - 15 )	N2 ( 15 - 30 )	N3 ( 30 - 45 )	N VALUE	
8 FEBRUARI 2013	0						Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu					
	1						Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	1	1	2	3	
	2	SPT	1				Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	15	15	15	30	
	3						Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	1	3	3	6	
	4	SPT	2				Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	15	15	15	30	
	5						Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	2	3	4	7	
	6	SPT	3				Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	15	15	15	30	
	7						Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	2	5	5	10	
	8	SPT	4				Lempung Lunak + Organik Warna Abu-abu	15	15	15	30	
	9						Lempung Liat Berpasir ( Sedang ) Warna Abu-abu Kecoklatan	3	6	9	15	
	10	SPT	5				Lempung Liat Berpasir ( Sedang ) Warna Abu-abu Kecoklatan	15	15	15	27	
	11						Lempung Liat Berpasir ( Sedang ) Warna Abu-abu Kecoklatan	10	17	19	36	
	12	SPT	6				Lempung Liat Berpasir ( Sedang ) Warna Abu-abu Kecoklatan	15	15	15	19	
	13						Lempung Liat Berpasir ( Sedang ) Warna Abu-abu Kecoklatan	11	16	24	40	
	14	SPT	7				Lempung Liat Berpasir ( Sedang ) Warna Abu-abu Kecoklatan	15	15	15	30	
	15						Lempung Liat ( Padat ) Warna Abu-abu	18	23	34	57	
	16	SPT	8				Lempung Liat ( Padat ) Warna Abu-abu	15	15	15	30	
	17						Lempung Liat ( Padat ) Warna Abu-abu	24	36	24	60	
	18	SPT	9				Lempung Berpasir ( Padat & Keras ) Warna Abu-abu Tua	15	15	6	21	
	19						Lempung Berpasir ( Padat & Keras ) Warna Abu-abu Tua	60			60	
	20	SPT	10				Boring Selesai ( 20 Meter )	13			13	

**TABLE: Beam Forces**

Story	Beam	Unique Name	Load Case/Combo	Station	V2	M3
				m	kgf	kgf-m
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		0.175	<b>-22401.62</b>	<b>-18866.02</b>
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		0.74	-19064.06	-7151.96
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		1.305	-15726.51	2676.37
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		1.87	-12388.96	10618.99
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		2.435	-9051.4	16675.89
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		3	-5713.85	<b>20847.08</b>
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		3	9138.29	20847.07
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		3.565	12475.84	14741.08
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		4.13	15813.4	6749.37
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		4.695	19150.95	-3128.06
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		5.26	22488.51	-14891.21
LANTAI 5	B110	1117 COMB2		5.825	<b>25826.06</b>	<b>-28540.07</b>
LANTAI 5	B267	1154 COMB2		0	-8831.01	0
LANTAI 5	B267	1154 COMB2		0.6	-5298.6	4238.88
LANTAI 5	B267	1154 COMB2		1.2	-1766.2	6358.32
LANTAI 5	B267	1154 COMB2		1.8	1766.2	6358.32
LANTAI 5	B267	1154 COMB2		2.4	5298.6	4238.88
LANTAI 5	B267	1154 COMB2		3	8831.01	0
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		0.175	-22901.33	-26971.64
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		0.74	-20173.98	-14802.87
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		1.305	-17446.62	-4175.05
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		1.87	-14719.27	4911.82
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		2.435	-11991.91	12457.73
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		3	-9264.56	18462.68
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		3	5587.58	18462.7
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		3.565	8314.93	14535.24
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		4.13	11042.28	9066.83
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		4.695	13769.64	2057.46
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		5.26	16496.99	-6492.86
LANTAI 5	B304	1088 COMB2		5.825	19224.35	-16584.14
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		0	<b>-9046.02</b>	0
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		0.6	-9010.18	5416.86
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		1.2	-8974.33	10812.21
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		1.8	-8938.49	16186.05
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		2.4	-8902.64	21538.39
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		3	-8866.8	26869.22
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		3.6	-8830.95	<b>32178.55</b>
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		3.6	8831.06	<b>32178.95</b>
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		4.2	8866.91	26869.56
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		4.8	8902.75	21538.66
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		5.4	8938.6	16186.26
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		6	8974.44	10812.35
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		6.6	9010.29	5416.93
LANTAI 5	B309	1151 COMB2		7.2	<b>9046.13</b>	0

LANTAI 5	B359	1106 COMB2	0.175	<b>-4025.55</b>	<b>-6354.67</b>
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	0.7458	-3980.13	-4069.72
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	1.3167	-3934.7	-1810.7
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	1.8875	-3889.27	422.39
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	2.4583	-3843.85	2629.56
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	3.0292	-3798.42	4810.78
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	3.6	-3752.99	6966.08
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	3.6	3458.01	6966.01
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	4.1708	3503.44	4979.1
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	4.7417	3548.87	2966.25
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	5.3125	3594.3	927.47
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	5.8833	3639.72	-1137.24
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	6.4542	3685.15	-3227.88
LANTAI 5	B359	1106 COMB2	7.025	3730.58	-5344.45
LANTAI 5	B376	980 COMB2	<b>0.175</b>	<b>-27562.65</b>	<b>-31200.32</b>
LANTAI 5	B376	980 COMB2	0.6167	-23328.49	-19961.85
LANTAI 5	B376	980 COMB2	1.0583	-19094.33	-10593.48
LANTAI 5	B376	980 COMB2	<b>1.5</b>	<b>-14860.18</b>	<b>-3095.19</b>

TABLE: Column Forces										
Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
				m	kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
LANTAI 2	C24	517	COMB2	0	<b>-172098.52</b>	2158.98	-440.09	-0.004797	<b>-572.99</b>	<b>2657</b>
LANTAI 2	C24	517	COMB2	1.8	-171802.74	2158.98	-440.09	-0.004797	219.17	-1229.17
LANTAI 2	C24	517	COMB2	3.6	-171506.96	2158.98	-440.09	-0.004797	<b>1011.34</b>	<b>-5115.34</b>
LANTAI 2	C24	517	COMB7	0	-133504.67	2998.1	-762.22	0.03	<b>-1284.99</b>	<b>5111.31</b>
LANTAI 2	C24	517	COMB7	1.8	-133208.89	2998.1	-762.22	0.03	87.01	-285.26
LANTAI 2	C24	517	COMB7	3.6	-132913.11	2998.1	-762.22	0.03	<b>1459.01</b>	<b>-5681.83</b>



## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

**Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhammu yang menciptakan,**

**Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah.**

**Bacalah, dan Tuhammulah yang Maha Pemurah,**

**Yang mengajarkan (manusia) dengan Pena(Kalam),**

**Dia mengajarkan manusia apa yang tidak diketahuinya.(QS : Al-'Alaq 1-5)**

**Maka Nikmat Tuhanmu yang manakah yang kamu dustakan? (QS:Ar-Rahman 13)**

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang Maha Pengasih, Maha Penyayang, yang telah menjadikan aku yang dapat berpikir, berilmu dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan Khairiyyah Rasulullah Muhammad SAW. Semoga keberhasilan ini menjadi satu langkah awal bagiku untuk meraih cita-cita besarku. Aamiin.

**Ku Persembahkan Sebuah karya kecil ini untukmu Ayahku (Elhamsyah) & Ibuku (Sri Wati), beserta seluruh keluargaku yang tercinta, yang tiada hentinya selama ini memberiku semangat, doa, dorongan, Nasehat dan kasih sayang serta pengorbanan yang tak tergantikan hingga aku dapat kuat menjalani setiap rintangan dalam hidupku... ayah... ibu... terimalah bukti kecil ini sebagai kado keseriusanku untuk membalas semua pengorbananmu..**

**Ya Allah, Ar Rahman, Ar Rahiim, Ar Ghaffaar...** Terima kasih kau telah melahirkan aku dalam keadaan Muslim diantara kedua orang tua yang setiap waktu ikhlas menjagaku,. Mendidikku,. Mendoakanku,. Membimbingku dengan baik,. Meskipun mungkin Engkau (kedua orang tuaku) mungkin tidak pernah membaca Lembar Persembahan ini, aku selalu berdoa kepada Rabb-ku, Semoga Ia menjauhkanmu dari Siksa Api Neraka dan Memasukkanmu Kedalam Surga (Firdaus) dengan hisab yang mudah.

Untuk Adinkku (**Astina Ulfah, Muhammad Daffa-Muhammad Daffi**) Semoga Kalian dan Abankmu ini menjadi anak yang berbakti kepada orang tua kita. Menjadi anak yang memudahkan orang tua kita untuk masuk Surga dan menjauhkannya dari Siksa Api Neraka, dan Abankmu ini pun berdoa seperti apa yang Abank doakan untuk orang tua kita. Semoga kita beserta Keluarga Besar Kita **Te'kumpul lagi di JANNAH.**

Untuk My brother (Tri Utama), & Teman q code name: Penjahat Wanita, Ijem. Dan teman-teman q yang lain, serta buat para guru-guruku. aku berdoa atas kebaikan kalian & TERIMA KASIH atas semua yang telah kalian berikan. Sungguh Aku telah mengutip Perkataan Rabb & Junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW.. Bahwa Dunia ini hanyalah Permainan, yang Nilainya tak lebih berharga dari sehelai Sayap nyamuk, & bandingan Kenikmatannya seperti air yang tersisa dari orang yang mencelupkan airnya di lautan di banding air lautan itu sendiri. Karenanya Bersabarlah Dalam Ketaatan istirahatnya Nanti Di Jannah. Meskipun Aku sendiri belum bisa bersabar dalam ketaatan. Hahahahaa.

# Karena Sejatinya Cukup Bagi Kita Itu Sebenarnya Kenikmatan yang Diakhirkan #



**LEMBAR PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUHAMMAD ZULKIFLI  
NIM : 14.21.908  
Jurusan : Teknik Sipil S-1  
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul “PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA” adalah benar-benar tulisan saya dan bukan plagiasi. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, September 2016

Yang membuat pernyataan



(MUHAMMAD ZULKIFLI)



**LEMBAR PENGESAHAN**

**SKRIPSI**

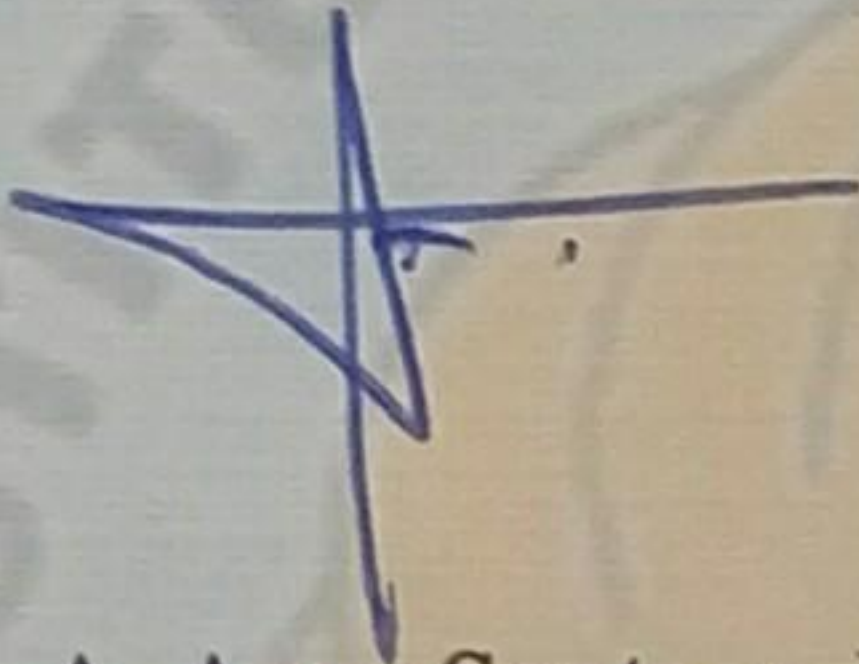
**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)  
Institut Teknologi Nasional Malang*

**Disusun oleh:**  
**MUHAMMAD ZULKIFLI**  
**14.21.908**

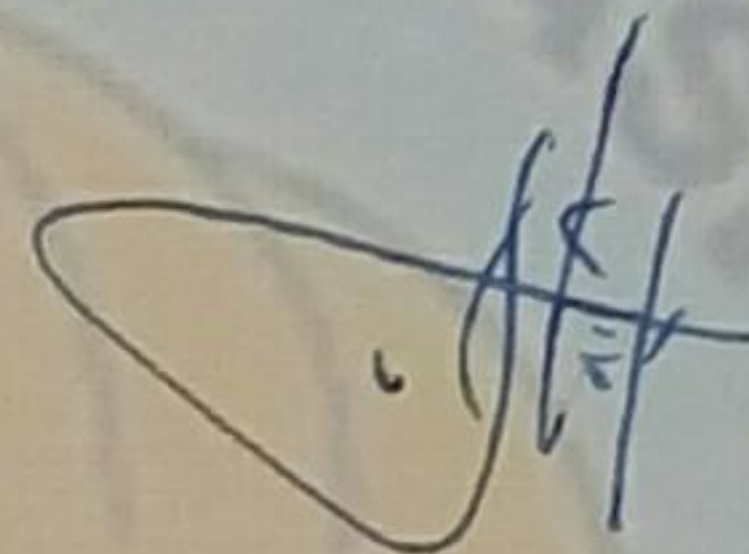
**Disahkan Oleh:**

**Ketua**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

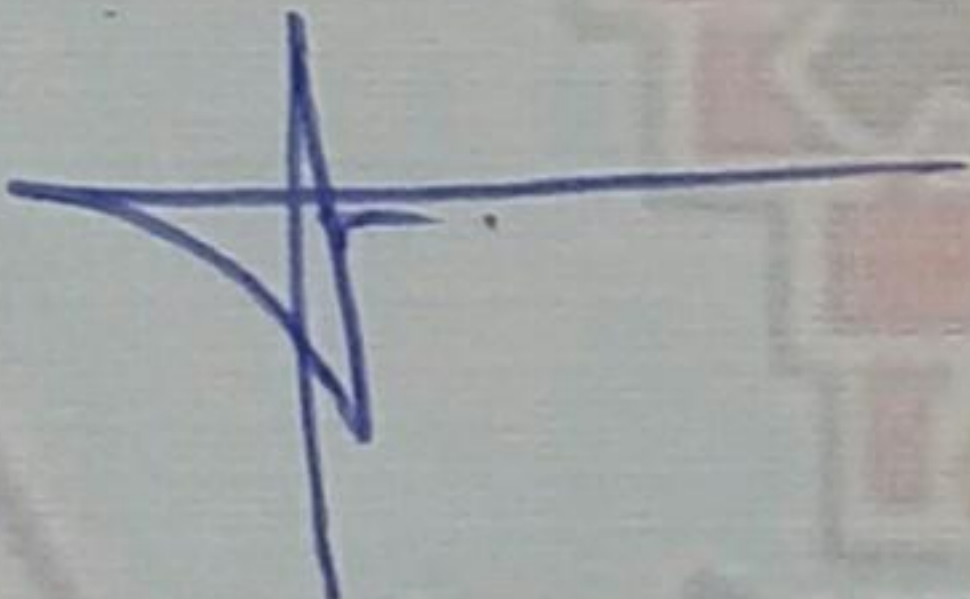
**Sekretaris**



**(Ir. Munasih, MT)**

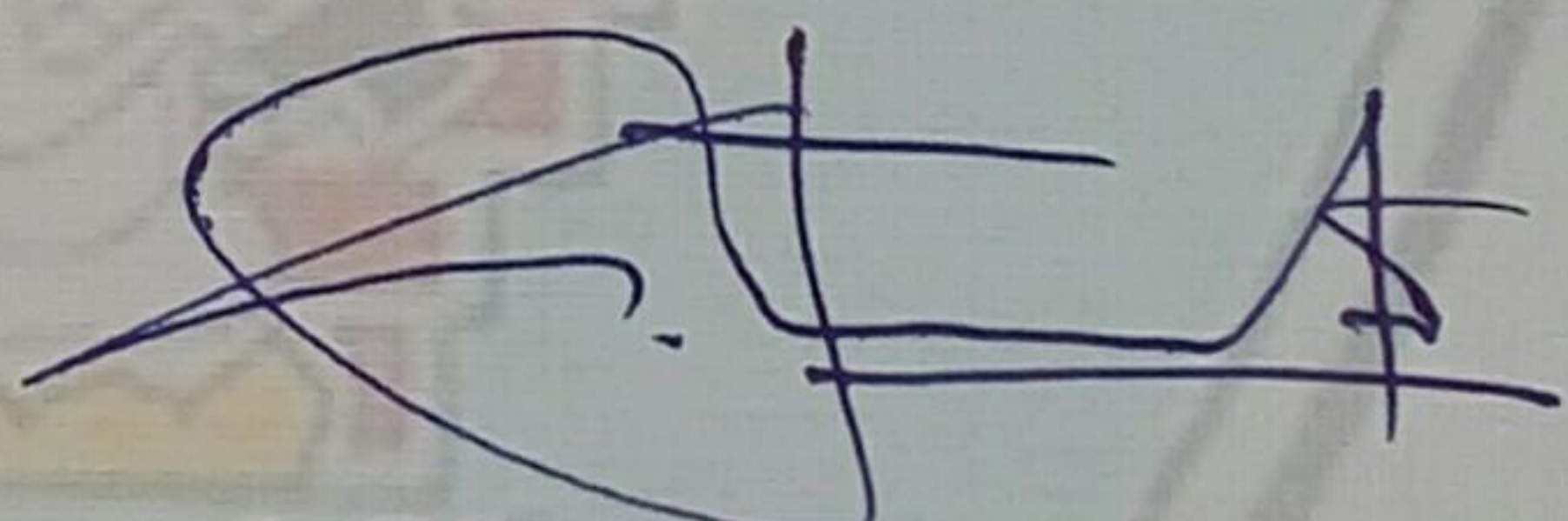
**Anggota Penguji:**

**Dosen Penguji I**



**(Ir. A. Agus Santosa, MT)**

**Dosen Penguji II**



**(Ir. Eding Iskak Imananto, MT)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2016**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA PEMBANGUNAN  
GEDUNG CHRISTIAN CENTER SAMARINDA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil (S-1)  
Institut Teknologi Nasional Malang*

*Disusun oleh:*

**MUHAMMAD ZULKIFLI**

**14.21.908**

*Disetujui Oleh:*

**Dosen Pembimbing I**

(Ir. Ester Priskarsari, MT)

**Dosen Pembimbing II**

(Mohammad Erfan, ST, MT)

**Malang, September 2016**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2016**